

**Volker Nissen, Dirk Stelzer, Steffen Straßburger und  
Daniel Fischer (Hrsg.)**

**Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2016**

**Band III**



Volker Nissen, Dirk Stelzer,  
Steffen Straßburger und Daniel Fischer (Hrsg.)

**Multikonferenz  
Wirtschaftsinformatik (MKWI)  
2016**

Technische Universität Ilmenau  
09. - 11. März 2016

Band III



Universitätsverlag Ilmenau  
2016

# Impressum

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

**Universitätsverlag Ilmenau**

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)

## **Herstellung und Auslieferung**

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

[www.mv-verlag.de](http://www.mv-verlag.de)

**ISBN** 978-3-86360-132-4 (Druckausgabe, Gesamtwerk)

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2016100012 (Band I)

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2016100021 (Band II)

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2016100035 (Band III)

---

Coverfoto: © Michael Reichel / arifoto.de



## Inhaltsverzeichnis Band III

<b>Teilkonferenz Service Systems Engineering</b>	<b>1273</b>
Prototyp eines Tools zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Smart Services für vernetzte Produkte	1275
<i>Jürgen Anke und Julian Krengel</i>	
Dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – aktueller Stand und Potenziale für KMU	1287
<i>Esther Bollhöfer, Daniela Buschak und Cornelius Moll</i>	
They Not Only Live Once – Towards Product-Service Systems for Repurposed Electric Vehicle Batteries	1299
<i>Sebastian Bräuer</i>	
IT-Kulturkonflikttheorie und ihre Bedeutung für erfolgreiches Service Systems Engineering - Fallstudie eines Einführungsprojektes für mobile Lernanwendungen in China (Extended Abstract)	1311
<i>Sissy-Josefina Ernst, Andreas Janson, Mahei Li, Christoph Peters, und Matthias Söllner</i>	
Anforderungsverfolgung bei Produkt-Service-Systemen in der Praxis – Eine explorative Untersuchung	1315
<i>Sebastian Floercke</i>	
Continuous-Auditing-Systeme: Rahmenwerk zur Gestaltung von Informationssystemen für kontinuierliche Prüfungsdienstleistungen	1327
<i>Andreas Kiesow und Oliver Thomas</i>	
<b>Teilkonferenz Sicherheit, Compliance und Verfügbarkeit von Geschäftsprozessen</b>	<b>1339</b>
ConFlex – An Ontology-Based Approach for the Flexible Integration of Controls into Business Processes	1341
<i>Tobias Seyffarth, Stephan Kühnel, and Stefan Sackmann</i>	
<b>Teilkonferenz Smart Services: Kundeninduzierte Kombination komplexer Dienstleistungen</b>	<b>1353</b>
Innovative Services in der Mobilitätsbranche: Eine Marktanalyse multimodaler Mobilitätsmanager	1355
<i>Linda Albrecht und Jan Fabian Ehmke</i>	
The Smart Mobile Application Framework (SMAF) – Exploratory Evaluation in the Smart City Context	1367
<i>Mario Nadj, Felix Haeußler, Stefan Wenzel, and Alexander Maedche</i>	
Kundenzentrierte Komposition komplexer Dienstleistungen – Eine empirische Untersuchung der Vorteile kundenzentrierter Servicekomposition	1379
<i>Stephan Sachse und Rainer Alt</i>	
Zahlungsbereitschaft für Datenschutzfunktionen intelligenter Assistenten	1391
<i>Jan Zibuschka, Michael Nofer und Oliver Hinz</i>	
<b>Teilkonferenz Strategisches IT-Management</b>	<b>1403</b>
The Impact of Enterprise Architecture Management on Design Decisions in IS Change Projects	1405
<i>Maximilian Brosius and Stephan Aier</i>	

Bimodal IT: Business-IT Alignment in the Age of Digital Transformation <i>Bettina Horlach, Paul Drews, and Ingrid Schirmer</i>	1417
Demystifying Lean IT: Conceptualization and Definition <i>Jörn Kobus</i>	1429
Start Social – IT Outsourcing as a Key Factor for IT Innovations <i>Henning Kruep</i>	1441
Modellierung und Nutzung von Referenzmodellen der IT-Governance – Vorgehen, Fallstudie und Toolunterstützung <i>Stefanie Looso, Matthias Goeken und Carsten Felden</i>	1453
Identifikation überalterter Komponenten in einer IT- Architektur <i>Alexander W. Schneider, Christian M. Schweda und Florian Matthes</i>	1465
<b>Teilkonferenz Student Track</b>	<b>1477</b>
The Energy Revolution towards Smart Meters and the Neglected User: A Gamified Energy Feedback System Prototype <i>Diaa Abdelaziz, Carl Heckmann, and Alexander Mädche</i>	1479
Methodology for an Ontology-Driven Product Configuration Process <i>Sandra Bergner, Christian Bartelt, Klaus Bergner, and Andreas Rausch</i>	1491
Antecedents of Willingness to Share Information in Supply Chain IS <i>Enis Celik, Claus-Peter H. Ernst, and Franz Rothlauf</i>	1503
Mentoring in Massive Open Online Courses – Eine Nutzenanalyse auf Basis des IS-Success-Modells <i>Katharina Drawert, Moritz Mager, Burkhardt Funk, Roman Trötschel und Corinna Peifer</i>	1511
Effective CIO/CEO Communication <i>Alexander Hütter, Thomas Arnitz, and René Riedl</i>	1523
E-Mails und kein Ende – Eine Forschungsagenda für mehr Effizienz <i>David Jauernig, Sebastian Köffer und Jörg Becker</i>	1535
I Envy Your Life: Social Network Sites and Virtual Exhibition <i>Tit Yin Isaac Lau and Julia Krönung</i>	1547
A User-oriented Analysis of Social Sharing Motives in E-Commerce <i>Olga Levina, Iris Vilnai-Yavetz, and Anne Schilling</i>	1559
Time Series Analysis for Big Data: Evaluating Bayesian Structural Time Series using Electricity Prices <i>Nicole Ludwig, Stefan Feuerriegel, and Dirk Neumann</i>	1569
The Influence of Perceived Reputation Enhancement on Wearable Action Camera Usage <i>Kristijan Markovic, Anicet Kebou Temdemnou, and Claus-Peter H. Ernst</i>	1581
The Technological Maturity of Process Mining: An Exploration of the Status Quo in Top IS Journals <i>Malte Thiede and Daniel Fürstenau</i>	1591
Social Network Sites: The Influence of the Number of Friends on Social Capital <i>Jessica Wimmer, Claus-Peter H. Ernst, Sebastian Herrmann, and Franz Rothlauf</i>	1603
<b>Teilkonferenz Telekommunikations- und Internetwirtschaft</b>	<b>1611</b>
Multiple-Case Analysis on Governance Mechanism of Multi-Sided Platforms <i>Andreas Hein, Maximilian Schrieck, Manuel Wiesche, and Helmut Krcmar</i>	1613

Designing for Platform Dominance – An Expert Assessment of Technological Performance as an Adoption Determinant in the Smart Home Field <i>Hannes Kuebel</i>	1625
Beyond Conventional Thinking in Highly and Less Digitalized Industries: Hubris as a Driver for Exceptional Decision-Making Logics <i>Janina Sundermeier, Solveig Bier, and Martin Gersch</i>	1637
<b>Teilkonferenz Unternehmenssoftware – quo vadis?</b>	<b>1649</b>
Status Quo der Digitalisierung deutscher Industrieunternehmen – Eine Studie ausgewählter Unternehmen <i>Katja Bley und Christian Leyh</i>	1651
Towards a Real-time Usability Improvement Framework based on Process Mining and Big Data for Business Information Systems <i>Sharam Dadashnia, Tim Niesen, Peter Fettke, and Peter Loos</i>	1663
Integration Platform as a Service in der Praxis: Eine Bestandsaufnahme <i>Nico Ebert und Kristin Weber</i>	1675
Deriving a Framework for Causes, Consequences, and Governance of Shadow IT from Literature <i>Andreas Kopper and Markus Westner</i>	1687
Blickpunkt ERP-Usability – Eine Literaturanalyse <i>Christian Lambeck und Christian Leyh</i>	1699
<b>Teilkonferenz Von der Digitalen Fabrik zu Industrie 4.0 – Methoden und Werkzeuge für die Planung und Steuerung von intelligenten Produktions- und Logistiksystemen</b>	<b>1711</b>
Gestaltungsmöglichkeiten selbst-adaptierender Simulationsmodelle <i>Sören Bergmann, Niclas Feldkamp und Steffen Straßburger</i>	1713
Echtzeitanalyse von Prozessdaten zur Entwicklung eines Softsensors zur Inline-Qualitätsüberwachung in der Kunststoffaufbereitung <i>Kilian Dietl, Christoph Kugler, Thomas Hochrein, Peter Heidemeyer und Martin Bastian</i>	1725
Innovative Analyse- und Visualisierungsmethoden für Simulationsdaten <i>Niclas Feldkamp, Sören Bergmann und Steffen Straßburger</i>	1737
Partikel- oder Wellensimulation? Zwei Ansätze zur Indoor-Lokalisierung auf Basis passiver RFID-Technik <i>Benjamin Hatscher und Michael A. Herzog</i>	1749
Ein Verfahren zur simulationsgestützten Optimierung von Einrichtungsparametern an Werkzeugmaschinen in Cloud-Umgebungen <i>Christoph Laroque, Jens Weber, Raphael-Elias Reisch und Christian Schröder</i>	1761
Visualisierung simulierter Prozesse für Industrie 4.0 <i>Steffen Masik, Michael Raab, Thomas Schulze und Marco Lemessi</i>	1773
<b>Teilkonferenz Wissensmanagement</b>	<b>1785</b>
Driven by News Tone? Understanding Information Processing when Covariates are Unknown: The Case of Natural Gas Price Movements <i>Simon Jonas Alfano, Max Rapp, Nicolas Pröllochs, Stefan Feuerriegel, and Dirk Neumann</i>	1787
Knowledge Management in Customer Integration: A Customer Input Management System <i>Kathrin Füller, Elias Abud, Markus Böhm, and Helmut Krcmar</i>	1799

Konzeption der erwarteten Erfahrung am Beispiel des visualisierten Wissens für Unternehmenskooperationen	1811
<i>Erik Kolek, Matthias Strotmeier und Anna Lena Kaufhold</i>	

Zur Rolle von Interaktivität bei interaktiven Videos als Lernmedium – Eine explorative Studie	1823
<i>Michael Langbauer, Nadine Amende und Franz Lehner</i>	

Connect with Care: Protecting While Developing Knowledge in Networks of Organizations (Extended Abstract)	1835
<i>Markus Manhart, Stefan Thalmann, and Ronald Maier</i>	

Do you know the Key Knowledge Actors in your Organization? Extending the Application of Organizational Social Network Analysis to Enterprise Social Networks	1839
<i>Janine Viol, Freimut Bodendorf, and Pascal Lorenz</i>	

<b>Inhaltsverzeichnis Band I</b>	<b>1851</b>
----------------------------------	-------------

<b>Inhaltsverzeichnis Band II</b>	<b>1855</b>
-----------------------------------	-------------

## **Teilkonferenz**

### **Service Systems Engineering**

Servicesysteme sind komplexe, soziotechnische Systeme, die interaktive Wertschöpfung ermöglichen. Service Systems Engineering (SSE) zielt auf die Gewinnung von evidenzbasiertem Gestaltungswissen für Servicesysteme, die alle Bereiche der Gesellschaft durchdringen (Böhmman et al. 2014). Die Wirtschaftsinformatik ist ideal positioniert, um zu diesem interdisziplinären Forschungsgebiet umfassend durch Aktions- und Gestaltungsforschung sowie die Pilotierung IT-ermöglichter Innovation beizutragen. Besseres Gestaltungswissen ist vor allem bezüglich der Architektur, der Nutzerinteraktionen sowie der Gewinnung neuer Ressourcen für Servicesysteme erforderlich, damit die Wertschöpfung noch mehr als bisher auf den Nutzungskontextes angepasst und die Möglichkeiten zur Interaktion zwischen Kunden und Dienstleistern ausgeschöpft werden können.

*Tilo Böhmman, Jan Marco Leimeister, Kathrin Möslin, Markus Nüttgens, Oliver Thomas*

(Teilkonferenzleitung)



# **Prototyp eines Tools zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Smart Services für vernetzte Produkte**

**Jürgen Anke<sup>1</sup> und Julian Krenge<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Hochschule für Telekommunikation Leipzig, anke@hft-leipzig.de

<sup>2</sup> RWTH Aachen, julian.krenge@rwth-aachen.de

## **Abstract**

Hersteller technischer Geräte können durch Angebot daten-getriebener Dienstleistungen auf Basis vernetzter Produkte – so genannte „Smart Services“ – ihre Wettbewerbsfähigkeit verbessern und neue Umsatzquellen erschließen. Die Konzeption und Bewertung von Smart Services auf Basis digital vernetzter Produkte ist von hoher Komplexität und Unsicherheit geprägt. Eine Vielzahl von Parametern und deren Abhängigkeiten müssen berücksichtigt werden und beeinflussen die Wirtschaftlichkeit der Dienstleistungen. Wir schlagen eine interaktive, tool-basierte Modellierung von Smart Services als Lösungsansatz vor, um während des iterativen Prozesses die wirtschaftlichen Auswirkungen von Gestaltungsentscheidungen abzuschätzen. Die Evaluierung zeigt, dass eine Verbesserung durch den Einsatz des Tools erreicht wird.

## **1 Einführung**

### **1.1 Vernetzte Produkte als Grundlage für digitale Dienstleistungen**

Zunehmend erhalten physische Produkte neben ihren lokalen physischen Funktionen auch global nutzbare digitale Funktionen (Fleisch et al. 2015). Die Grundlage dafür ist die Aufnahme von Sensor- und Betriebsdaten, ihre Übermittlung über Datennetze, deren Auswertung und die Bereitstellung der Analyseergebnisse, z.B. per Smartphone-App. So warnen vernetzte Fahrräder bei Kettenverschleiß und holen bei Stürzen Hilfe (Kempkens 2014). Auch industrielle Produkte wie z.B. Kompressoren, Lüftungstechnik oder Aufzüge werden mit digitalen Dienstleistungen für Fernsteuerung, Überwachung, nutzungsabhängige Abrechnung und anderen Diensten aufgewertet (Herterich et al. 2015).

Digitale Dienste dieser Art als Ergänzung zu physischen Produkten werden durch das Konzept „Servitization“ beschrieben (Neely 2008) und als „Smart Services“ bezeichnet (Huber and Kaiser 2015). Es ermöglicht eine völlig neue Gestaltung der Interaktion zwischen Herstellern, Betreibern und Nutzern physischer Güter und bietet damit die Grundlage für neue Geschäftsmodelle (Zolnowski and Böhmann 2013; Velamuri et al. 2013) in nahezu allen Branchen (Stampfl 2011).

Besonders Hersteller von technischen Produkten und Geräten können die Art und Qualität ihrer Kundenbeziehung durch das Angebot von Services neugestalten, sich damit vom Wettbewerb differenzieren (Gräßle et al. 2010; Fischer et al. 2012) und Bestandteil neuer Wertschöpfungsstrukturen werden. Untersuchungen zeigen jedoch, dass es gerade für größere Unternehmen schwierig ist, mit dem Angebot von produktbegleitenden Dienstleistungen auch eine Verbesserung der Marge zu erreichen (Neely 2008). Die Herausforderung für Hersteller besteht darin, die passenden Funktionalitäten für die jeweiligen Zielgruppen in geeignete Services zu bündeln und gleichzeitig die dafür notwendigen Vorleistungen inhaltlich und für die erwartete Absatzmenge kostenadäquat zu gestalten. Die Unterstützung dieser Aufgabe mit softwaregestützten Werkzeugen ist naheliegend, befindet sich jedoch noch in seinen Anfängen (Pezzotta et al. 2015).

## 1.2 Forschungsfrage

Die Konzeption von Smart Services ist wie jede Dienstleistungsentwicklung ein kreativer Prozess, der häufig in interdisziplinären Teams durchgeführt wird und durch hohe Komplexität geprägt ist (Barrett et al. 2015). Besonders in den frühen Phasen solcher Prozesse entsteht oft eine große Anzahl Ideen, die jedoch nicht alle weiterverfolgt werden können. Daher muss trotz oft geringem Informationsstand der Business Case als mögliches Abbruchkriterium des Entwicklungsprozesses (Alam and Perry 2002) frühzeitig aufgestellt werden. Die Literatur zu Service Engineering bzw. Dienstleistungsentwicklung betont zwar nahezu durchgehend die Notwendigkeit einer „Business Analysis“ (Lin and Hsieh 2011), bleibt aber konkrete Methoden zu deren Durchführung in Frühphasen schuldig. Diese Lücke adressieren wir mit folgender Forschungsfrage:

**Wie kann die Wirtschaftlichkeit von Smart Services frühzeitig im Konzeptionsprozess abgeschätzt werden?**

Unser Ziel ist es, im Sinne einer explorativen Forschung den Nutzen eines Werkzeugs zur Wirtschaftlichkeitsabschätzung von einfachen daten-getriebenen Smart Services zu überprüfen, um aussichtsreiche Serviceideen schnell zu identifizieren. Dafür werden Modelle zur Beschreibung von Smart Services und dem darauf aufbauenden Business Case entwickelt. Diese bilden die Grundlage für den Prototyp eines web-basierten Tools, welches experimentell evaluiert wird. Als Ergebnis wird eine grundsätzliche Aussage über die Eignung der werkzeug-gestützten Bewertung von Smart Services erwartet.

## 1.3 Methodik

Zur Bearbeitung der Forschungsfrage kommt ein konstruktionsorientierter Ansatz nach dem Design Science Research Process zur Anwendung (Peppers et al. 2006). Im ersten Schritt werden „Smart Services“ charakterisiert und begrifflich eingeordnet. Aus der Analyse ihres Aufbaus sowie des Konzeptionsprozesses werden die Ursachen für die Schwierigkeiten bei der Bewertung von Smart Services identifiziert. Aus diesen erfolgt die Ableitung von Anforderungen an ein Tool zur Reduktion dieser Defizite. Anschließend wird im zweiten Schritt ein Prototyp dieses Tools entwickelt, das die genannten Anforderungen adressiert. Im dritten Schritt wird mit Hilfe eines Laborexperiments die Wirksamkeit des Tools evaluiert. Abschließend werden die Ergebnisse des Experiments analysiert und weiterführende Schritte für die Verbesserung des Tools und des Vorgehens zur Evaluierung abgeleitet. Entsprechend dieses Vorgehens ist auch der vorliegende Beitrag strukturiert.



## 2 Anforderungsanalyse

Die Anforderungen an ein Tool zur Unterstützung der Konzeption und Bewertung von Smart Services leiten sich aus den Eigenschaften von Smart Services, dem Konzeptionsprozess und dem geplanten Einsatzumfeld des Tools ab. Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind die anforderungsrelevanten Eigenschaften mit [En] gekennzeichnet.

### 2.1 Charakterisierung und Einordnung von Smart Services

Smart Services sind eine Kombination aus Sach- und Dienstleistungen, die auch als Product-Service-System (PSS) oder als hybrides Leistungsbündel (Becker et al. 2009) bezeichnet werden. Speziell für technische Produkte werden PSS als ein Beitrag zur Transformation von produkt- zu dienstleistungs- und ergebnisorientierten Angeboten gesehen (Adrodegari et al. 2015). Dabei werden vernetzte Produkte und IT-Unterstützung nicht explizit berücksichtigt. Dies trifft jedoch für Smart Services zu, mit deren Hilfe Produkte effizienter in den Nutzungskontext des Kunden integrierbar werden (Kees et al. 2015). Im Gegensatz zu klassischen produktbegleitenden Dienstleistungen wie Beratung oder Instandhaltung weisen Smart Services folgende Besonderheiten auf:

- Die Dienstleistung wird mittels eines Softwaresystems erbracht, in die das Produkt mittels Vernetzung als externer Faktor einbezogen wird (Porter and Heppelmann 2014).
- Es sind automatisiert erbrachte Dienstleistungen (IT-basierte Customer Self Services), die auf Basis der nutzerbezogenen Verarbeitung von Gerätedaten erbracht werden. Damit sind sie ortsunabhängig und erfordern für die Durchführung kein Personal (Leimeister 2012).

Smart Services bestehen aus der Kombination von physischen Sensoren, Aktoren, eingebetteten System, digitalen Netzwerken sowie Internetdiensten zur Unterstützung diverser Prozesse. Damit sind sie Cyber-Physische Systeme (CPS) (Broy 2010). Während die Literatur zu CPS zum großen Teil technische Aspekte behandelt, gibt es inzwischen die Perspektive auf CPS als komplexe Servicesysteme (Mikusz 2014), auch wenn das „notwendige architekturelle Gestaltungswissen“ derzeit fehlt, um ihre Möglichkeiten auszuschöpfen (Böhm et al. 2014). Der vorliegende Beitrag folgt dieser Sichtweise und bezeichnet mit „Smart Services“ digitale Dienstleistungen für technische Produkte, die als Product-Service-System auf Basis von Cyber-Physischen Systemen erbracht werden.

Der Erbringung eines Smart Service liegt typischerweise folgendes Funktionsprinzip zugrunde: Ein vernetztes Gerät liefert mittels Machine-to-Machine Kommunikation (M2M) über das Internet Informationen zu seinem Zustand, der z.B. mittels Sensoren erfasst wird. Bei einigen Geräten sind zudem Aktorik (Steuervorgänge) zu berücksichtigen. Die Kommunikation zwischen Gerät und zentralem Server oder Cloud-Dienst erfolgt über das Internet (Wortmann and Flüchter 2015). Die Nutzer interagieren über verschiedene Clients wie mobilen Apps oder Webapplikationen mit den Smart Services. Hieraus ergeben sich folgende anforderungs-relevante Eigenschaften:

- *Datenübertragung [E1]*: Je nach verwendeter Übertragungstechnik entstehen durch die Vernetzung nutzungsabhängige Kosten für die Datenübertragung, z.B. für Mobilfunk.
- *Externe Services [E2]*: In der Cloud werden die Daten für operative und analytische Funktionen verwendet, z.B. „Ermittlung der aktuellen Position“ oder „Liste der häufigsten Betriebszustände“. Funktionen können zudem auf externe kostenpflichtige Internetdienste, z.B. Wetterinformationen zugreifen, die mit unterschiedlichen Preismodellen angeboten werden.

- *Services als Funktionskombination [E3]*: Smart Services werden als Angebot für eine bestimmte Zielgruppe aus verschiedenen Funktionen kombiniert. Dabei muss die Funktionalität der Services und ihre Preise an den Bedürfnissen der Zielgruppe ausgerichtet werden.
- *Diverse Kostenarten [E4]*. Neben den Erlösen müssen auch Kosten betrachtet werden, die auf unterschiedliche Art abgerechnet werden. So entstehen einmalige und laufende Kosten, die jeweils sowohl von der Nutzer- / Gerätezahl abhängig als auch unabhängig sein können.

## 2.2 Konzeption von Dienstleistungen für vernetzte Produkte

Für die Entwicklung von PSS gibt es eine Reihe von Vorgehensmodellen (Gräble et al. 2010; Cavalieri and Pezzotta 2012; Niemöller et al. 2014). Ein Defizit vieler Methoden zur PSS Entwicklung ist die fehlende Berücksichtigung von IT als Grundlage (Niemöller et al. 2014; Mikusz 2014). IT als Teil eines CPS muss jedoch im Konzeptionsprozess ebenfalls einbezogen werden, der folgende anforderungs-relevante Eigenschaften aufweist:

- *Interdisziplinarität und Informationsasymmetrien [E5]*. Um erfolgreiche Smart Services zu konzipieren, ist die Abstimmung zwischen Kundenbedarfen, technischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Nebenbedingungen notwendig. Ein Hersteller ist bei der Gestaltung der Services mit diversen Entscheidungen konfrontiert, die einen technischen Bezug haben und zugleich den Nutzen des Dienstes für Kunde und Anbieter beeinflussen. Für diese sind Informationen und Anforderungen diverser Bereiche, z.B. Marketing, Entwicklung, IT, Vertrieb, Einkauf und Controlling relevant. Dabei liegt eine Informationsasymmetrie zwischen den Beteiligten vor, die zu hohen Abstimmungsaufwänden führt.
- *Kreativität und Interaktion [E6]*. In den Frühphasen der Konzeption werden die Service-Ideen iterativ mit unterschiedlichen Beteiligten weiterentwickelt. Dabei herrscht ein hohes Maß an Kreativität und Interaktion (Leimeister 2012), wodurch Erkenntnisse nicht in einer vorhersehbaren Reihenfolge entstehen. Ideen und Zwischenergebnisse müssen zeitnah erfasst und auf ihre Auswirkungen geprüft werden.
- *Interdependenzen [E7]*. Viele Gestaltungsparameter beeinflussen sich gegenseitig. So erfordert eine detailliertere Datenanalyse häufigere Datenabfragen von den Geräten. Dies wiederum führt zu höheren Datenmengen, höheren Übertragungskosten und höherem Energieverbrauch im Kommunikationsmodul. Ist die notwendige Datenrate höher als die geplante Kapazität, ist eventuell sogar ein Wechsel auf eine leistungsfähigere Übertragungstechnik (z.B. von GPRS auf UMTS) nötig, was teurere Kommunikationsmodule mit anderen physischen Abmaßen nach sich zieht. Diese Interdependenzen sind nicht immer allen Beteiligten offensichtlich und sorgen für Fehleinschätzungen sowie erhöhten Planungsaufwand.
- *Unsicherheit in der Parameterbelegung [E8]*. Gestaltungsentscheidungen für Dienstleistungen basieren häufig auf unsicheren Informationen (Herrmann and Klein 2004), z. B. Kundenbedarfe, Marktentwicklung und Zahlungsbereitschaft. Für das Geschäftsmodell müssen ebenfalls quantitative Parameter wie Preise, Preismodelle und Kundenzahlen festgelegt werden. Während es für die Auswahl von Preismodellen für Internetdienste Vorarbeiten gibt (Stiller et al. 2003), muss der konkrete Preis unter Berücksichtigung eigener Kosten, Kundennutzen, Wettbewerbsumfeld sowie eigener Preisziele festgelegt werden (Leimeister 2012). Gerade mit der Preisfindung für neue Services haben Anbieter aber oft wenig Erfahrung (Baines et al. 2007). Daneben herrscht Unsicherheit über die Entwicklung der Kundenanzahl, ihr Nutzungsverhalten, vor allem aber auch über das Verhalten der vernetzten Geräte im Einsatz.

### 2.3 Anforderungen

Die konkreten Anforderungen A1 bis A7 an das geplante Tool leiten sich aus den Eigenschaften des technischen Aufbaus von Smart Services sowie aus den Vorgehens bei der Konzeption solcher Dienstleistungen ab. Die Verweise auf die o. g. Eigenschaften E1..E8 zeigen die Ableitung.

Eigenschaften	Anforderungen
E1, E7, E4	A1. Berechnung von Datenmengen für die Datenübertragung, z.B. für Mobilfunk
E3, E6	A2. Flexible Zuordnung von Elementen, z.B. Funktionen zu Services
E1, E3	A3. Einfache Beschreibung von Bedarfen, Mengen und Nutzungsintensitäten
E2, E4	A4. Unterstützung verschiedener Kostenarten sowie Preis- und Abrechnungsmodellen
E5, E7, E8	A5. Frühzeitige Bewertung mit wenig Informationen ermöglichen
E6	A6. Erfassung von neuen Elementen, Eigenschaften, Zusammenhängen, Mengen, Preisen und Kosten in beliebiger Reihenfolge.
E5	A7. Modelle sind leicht verständlich für Experten unterschiedlicher Disziplinen

**Tabelle 1: Anforderungen an das Smart Service Bewertungstool**

## 3 Lösungsansatz

Der vorgeschlagene Ansatz soll die wirtschaftliche Bewertung von Smart Services in Frühphasen der Konzeption ermöglichen. Das Tool verwendet dazu ein Modell zur Beschreibung der Services und ihren Kosten sowie ein Modell zur Strukturierung des Business Case. In diesem Abschnitt werden zunächst die entwickelten Modelle erläutert. Anschließend werden das Tool sowie sein Einsatz in Workshops beschrieben.

### 3.1 Herleitung des Servicemodells

Für die Beschreibung digitaler Produkte wurde ein schichtenbasiertes Modell aus Gerät, Netzwerk, Diensten und Inhalten vorgeschlagen (Yoo et al. 2010), das auch als Grundlage für Geschäftsmodelle im Internet der Dinge dient (Turber et al. 2014). Die im vorliegenden Beitrag vorgeschlagene Servicemodellierung greift die dafür nötige integrierte Betrachtung geschäftlicher, fachlicher und technischer Aspekten sowie die Schichten als leitenden Gedanken auf.

Das Servicemodell (Abbildung 1) beschreibt die einsetzbaren Modellelemente sowie ihre Beziehungen untereinander. Die Grundelemente (weiß) werden mit Verknüpfungen (hellgrau) verbunden und ihren Attributen mengenmäßig bewertet. Die angestrebte leichte Verständlichkeit (Anforderung A7) soll durch eine möglichst geringe Zahl von Elementen und Beziehungen erreicht werden. Gleichzeitig sollten damit möglichst viele verschiedene Szenarien beschreibbar sein. Da es sich bei unserem Vorhaben um explorative Forschung handelt, werden nur die unbedingt die für die Wirtschaftlichkeitsbewertung notwendigen Elemente aufgenommen (Anforderungen A3 und A4).

- Für Kundengruppen (*CustomerSegment*) werden *Service* angeboten. Die Verknüpfung wird in mittels einer Menge von Buchungen (*Booking*) realisiert, wobei jede Zuordnung die Attribute Jahr (*year*) und Anzahl (*count*) enthält. Mit dem Attribut *pricePerMonth* lässt sich die Nutzungsgebühr der Services pro Monat (bzw. die Einsparung bei interner Nutzung) festlegen.

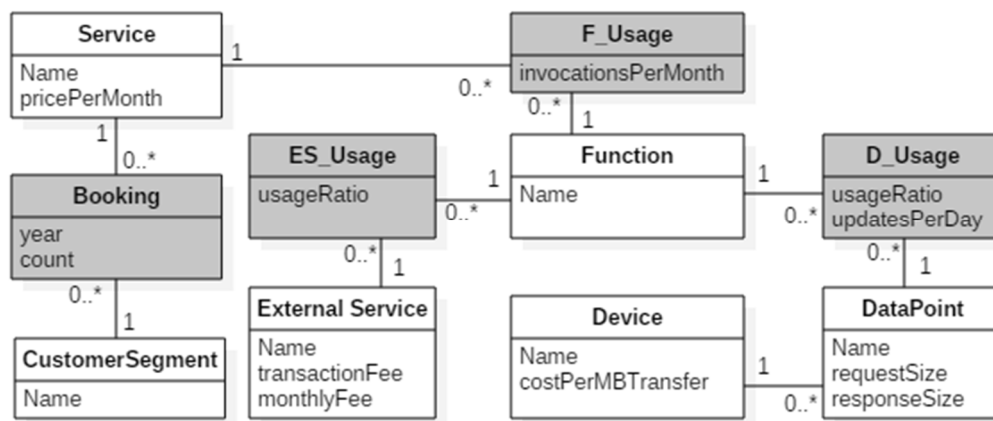


Abbildung 1: Klassendiagramm des Modells für die Beschreibung von Smart Services

- Zur Erbringung eines *Service* sind Funktionen (*Function*) nötig, die Softwarekomponenten mit der Verarbeitungslogik repräsentieren. Jede Funktion kann Teil mehrerer Services sein. Somit ergibt sich zwischen Dienstleistungen und Funktionen eine M:N-Beziehung (Anforderung A2). Umgesetzt wird dies als Funktionsnutzung (*F\_Usage*), die mit *invocationsPerMonth* die Häufigkeit der Funktionsaufrufe pro Monat durch einen Service beschreibt (Anforderung A3).
- Weiterhin verwenden Funktionen Daten, die entweder vom Gerät oder von externen Services (*ExternalService*) geliefert werden, z.B. Wetterdaten, Verkehrsinformationen oder SMS-Versand. Sie werden über die Beziehung *ES\_Usage* abgebildet, die als Attribut den Nutzungsanteil in Prozent (*usageRatio*) bietet. Die Idee dabei ist, dass jeder Aufruf einer Funktion zum einem gewissen Anteil den Aufruf von externen Diensten nach sich zieht. Zur Kostenkalkulation (Anforderung A4) enthalten externe Services Angaben für Gebühren pro Monat (*monthlyFee*) oder pro Aufruf (*transactionFee*).
- Die vom Gerät (*Device*) bereitgestellten Daten und Operationen werden als Datenpunkte (*DataPoints*) modelliert und besitzen eine *RequestSize* und *ResponseSize* zur Beschreibung der beim Abruf übertragenen Datenmengen in Byte. Sie können über die Verknüpfung *D\_Usage* mit Funktionen verbunden werden. Hier ist neben dem Anteil der Aufrufe (*usageRatio*) für die Request/Response-Kommunikation noch das Attribut *updatesPerDay* für die Push-Kommunikation von Datenwerten vorgesehen (Anforderung A1).

### 3.2 Herleitung des Business Case Modells

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit schlagen wir ein Modell vor, welches die Struktur der Einzahlungen und Auszahlungen für jedes Planungsjahr abbildet. Es erfasst die aus dem Servicemodell automatisch ableitbaren Kosten pro Jahr als *DerivedCostItems* (Abbildung 2). Weiterhin erlaubt es die manuelle Angabe zusätzlicher Kosten, die für die Entwicklung und den Betrieb des CPS für den Smart Service anfallen (*ManualCostItems*). Dabei sind eine Reihe von Kostenarten (*CostType*) und Abrechnungsvarianten (*PaymentMode*) vorbereitet (Anforderung A4).

Wie zu sehen ist, sind einige Attribute in den Klassen des Berechnungsmodells als „abgeleitet“ gekennzeichnet. Sie werden aus anderen Modellelementen anhand folgender Regeln berechnet:

- Die Berechnung der Einnahmen *revenue* pro Jahr ist das Produkt der Buchungen je Service und dessen jeweiligen zwölffachen Preis *pricePerMonth*.

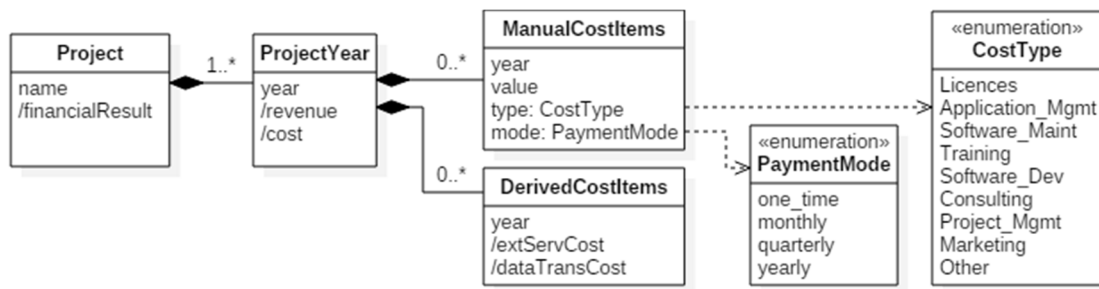


Abbildung 2: Klassendiagramm für das Modell zur Beschreibung des Business Case

- Die Kosten *cost* pro Jahr sind die Summe aller *ManualCostItems* und aller *DerivedCostItems*. Bei *ManualCostItems* ist die Abrechnungsvariante (*PaymentMode*) durch entsprechende Faktoren (z.B. Faktor 4 bei quartalsweiser Abrechnung) zu berücksichtigen.
- Der Wert *dataTransCost* enthält Kosten für Datenübertragung. Zur Berechnung der Datenmenge wird die Kommunikation im Request/Response-Modus und Push-Modus separat betrachtet. Für Request/Response werden die Funktionsaufrufe *invocationsPerMonth*, der Anteil der Aufrufe (*D\_Usage.usageRatio*), die zu einer Abfrage eines Datenpunktes (*DataPoint*) führt sowie die Nachrichtengröße (*requestSize*, *responseSize*) berücksichtigt. Im Push-Modus kommt die Häufigkeit des Updates *D\_Usage.updateInterval* und die Nachrichtengröße *responseSize* zum Tragen. Die Datenmenge wird in Megabyte umgerechnet und mit dem Preis für die Übertragung eines Megabyte (*costPerMBTransfer*) multipliziert.
- Analog dazu werden die Kosten für externe Services *extServCost* ermittelt, indem die Anzahl der Funktionsaufrufe *invocationsPerMonth* mit dem Anteil *ES\_Usage.usageRatio* und der Nutzungsgebühr (*transactionFee*) multipliziert wird. Die eventuell vorhandene monatliche Gebühr (*monthlyFee*) wird mit Faktor 12 in die Jahreskosten einbezogen.

Auf Basis dieser Berechnungen pro Projektjahr lässt sich eine Zahlungsreihe aufstellen. Aus Vereinfachungsgründen wird davon ausgegangen, dass alle Einnahmen und Ausgaben in der jeweiligen Periode zahlungswirksam sind. Daher lassen sich Methoden der dynamischen Investitionsrechnung wie das Kapitalwertverfahren einsetzen, um die Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Das Ergebnis der Berechnung ist der Kapitalwert, welches im abgeleiteten Attribut *financialResult* abrufbar ist und nach jedem Modellierungsschritt im Tool angezeigt wird.

### 3.3 Prototypische Realisierung des Tools und sein Einsatz in Konzeptionsprojekten

Für die praktische Nutzung und Evaluierung des Tools wurde ein web-basierter Prototyp entwickelt. Für das Frontend wurde das JavaScript Framework AngularJS eingesetzt, welches über REST-APIs mit in C#-entwickelten Backend-Diensten kommuniziert. Diese wiederum nutzen eine Microsoft SQL Server-Datenbank zur Speicherung der Modelle entsprechend der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Strukturen.

Das Tool erlaubt das Anlegen von Projekten und die Konfiguration ihres Planungszeitraums. Für jedes Projekt gibt es eine Übersichtsseite, von der aus der Nutzer zur Modellbearbeitung, Projektkonfiguration und Auswertungen navigieren kann. Die Modellbearbeitung bietet ganz rechts Navigationssymbole für Kundengruppen, Services, Funktionen, Externe Services und Geräte. Daneben können Elemente des jeweiligen Typs hinzugefügt oder gelöscht werden. Rechts gibt es Eingabemöglichkeiten für Attribute und Manipulation von Verknüpfungen. (Abbildung 3).

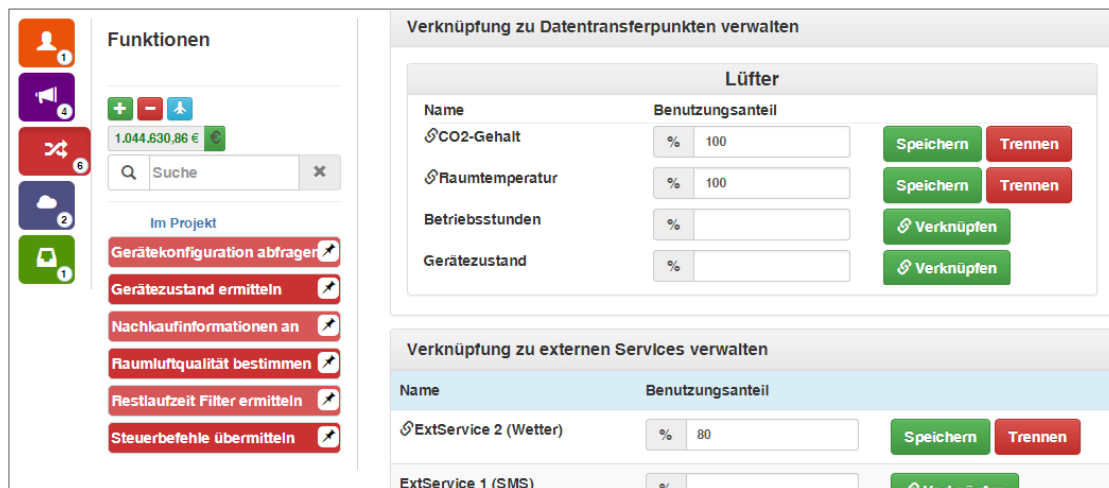


Abbildung 3: Nutzeroberfläche des Tools zur Manipulation des Modells

Damit kann die Service-Struktur aufgebaut und parallel mit Mengen, Preisen und Nutzungsverhalten versehen werden (Anforderung A6). Das Modell kann iterativ beliebig oft manipuliert und erweitert werden. Jede Änderung führt zur Neuberechnung der Wirtschaftlichkeit, die in den Konzeptionsprozess einfließen kann (Abbildung 4). Es dient dabei gleichzeitig als Dokumentation des Entwicklungsstandes über verschiedene Workshop-Sitzungen hinweg und vermeidet so den Verlust wichtiger Erkenntnisse. Die Überarbeitung wird solange fortgesetzt, bis die Beteiligten eine Entscheidung über Weiterführung oder Verwerfen der des Services treffen können.

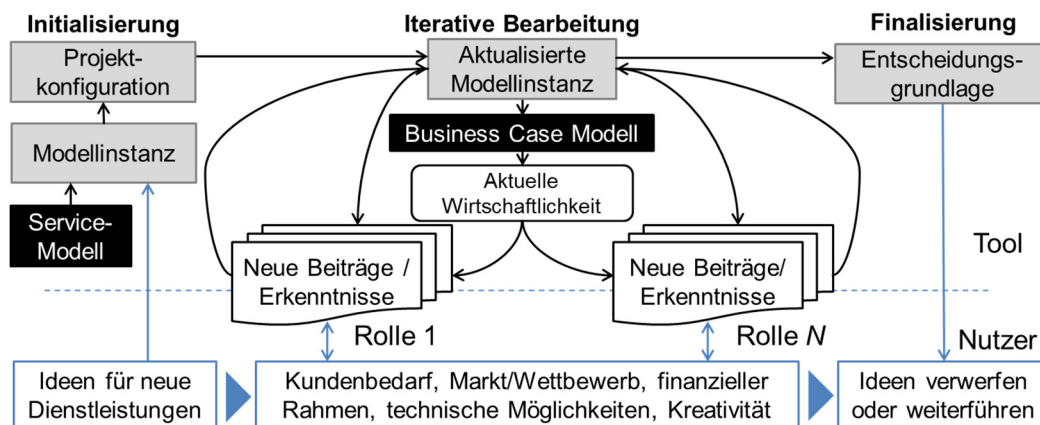


Abbildung 4: Wechselwirkungen zwischen Tool und Nutzer im Projektverlauf

## 4 Evaluierung

Zur Evaluierung des Tools wird ein Experiment mit der Anordnung „Posttest-only control group design“ durchgeführt, bei dem mehrere Teams sowohl mit als auch ohne Tool die Konzeption von Smart Services durchführen. Aufgrund der Randomisierung der Zuordnung zwischen Experimental- und Kontrollgruppe ist ein Pretest entbehrlich (Wilde 2008). Die Effektivität wurde anhand verschiedener Kriterien bewertet, die Probanden in einem Fragebogen einschätzen sollten. Die Ergebnisse dieser Evaluation sollen Aufschluss über den Nutzen des Tools als auch über die Evaluierung selbst geben. Daraus lassen sich Aussagen zu Auswirkungen des Tooleinsatzes sowie Ideen für die Weiterentwicklung ableiten.

#### 4.1 Vorgehen

Die 30 Probanden waren examensnahe Studierende der Wirtschaftsinformatik, welche zufällig in acht Teams mit drei bis vier Personen eingeteilt wurden. Als Vorbereitung erhielten sie eine vierstündige Einführung in das Thema „Internet der Dinge“. Dabei wurde der grundsätzliche Aufbau von Smart Services erläutert, ohne das Tool detailliert vorzustellen. Danach wurden mittels Brainstorming Service-Ideen generiert, aus denen insgesamt vier Szenarien für das Experiment ausgewählt wurden. Jedes Szenario wurde von je einem Team der Experimentalgruppe (EG) mit Tool und einem Team der Kontrollgruppe (KG) ohne Tool bearbeitet. Die Aufgabe lautete: „Beschreiben Sie das jeweilige Szenario im Detail mit seinen Zielgruppen, Services, Funktionen, Daten und führen Sie eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit durch!“ Jedes Team hatte dafür 75 Minuten Zeit. Unmittelbar im Anschluss waren die Teilnehmer aufgefordert, die Aufgabe anhand der folgenden Nutzenindikatoren einzuschätzen (Variablenname in Klammern).

1. Es fiel mir leicht, eine Struktur für die Gestaltungsaufgabe zu finden. (STRUKTUR)
2. Es war leicht, Entscheidungen über die Servicegestaltung zu treffen. (ENTSCHEIDUNG)
3. Ich hatte das Gefühl, dass alle im Team den gleichen Arbeitsstand haben. (ARBEITSSTAND)
4. Auswirkungen unserer Entscheidungen auf Gewinn waren gut einschätzbar. (AUSWIRKUNG)
5. Ich bin mit unserem Arbeitsergebnis zufrieden. (ERGEBNIS)
6. Der Einsatz des Tools hat mir bei der Konzeption geholfen. (TOOL\_HILFREICH)

Die Kriterien konnten anhand einer Likert-Skala von 5 (trifft zu), 4 (trifft eher zu), 3 (teils-teils), 2 (trifft eher nicht zu) bis 1 (trifft nicht zu) bewertet werden. Bei Frage 6 wurde zur Identifikation der Teilnehmer aus der Kontrollgruppe zusätzlich die Option 0 („Ich habe das Tool nicht verwendet“) hinzugefügt.

#### 4.2 Auswertung und Ergebnisse

Für alle oben genannten Fragen wurde jeweils für die EG und KG der Median ermittelt. Da die Likert-Skala auch als intervallskaliert aufgefasst werden kann, sind zur besseren Differenzierung zudem das arithmetische Mittel und die Standardabweichung angegeben (Tabelle 2).

Variable	Experimentalgruppe (mit Tool)			Kontrollgruppe (ohne Tool)		
	Median	Mittelwert	Std.abw.	Median	Mittelwert	Std.abw.
STRUKTUR	4,0	3,88	0,885	3,0	3,21	1,051
ENTSCHEIDUNG	3,5	3,50	0,894	3,5	3,57	1,016
ARBEITSSTAND	4,0	3,79	0,998	4,0	3,94	0,975
AUSWIRKUNG	3,0	2,69	1,014	3,0	2,79	1,051
ERGEBNIS	3,0	3,38	1,204	3,0	3,21	1,251
TOOL_HILFREICH	4,0	4,21	0,696	-		

**Tabelle 2: Ergebnisse der Evaluation (N=30)**

Zunächst ist festzustellen, dass die Teilnehmer der EG die Verwendung des Tools als sehr hilfreich eingeschätzt haben. Weiterhin wurde die Unterstützung bei der Strukturierung der Aufgabe positiv eingeschätzt. Dies kann zumindest als Indikation für die grundsätzliche Verständlichkeit (Anforderung A7) des erarbeiteten Servicemodells interpretiert werden, auch wenn die Probanden

nur aus einem Fachgebiet kamen. Alle anderen Variablen weisen nahezu identische Bewertungen in beiden Gruppen auf. Die Ursache dafür könnte darin liegen, dass der Nutzen des Tools erst bei größeren Gruppen und/oder längerer Bearbeitungsdauer stärker wirksam wird. Weiterhin wäre in künftigen Durchläufen des Experiments zu prüfen, ob mit einer längeren Einweisung in die Funktionsweise des Tools eine Verbesserung der Ergebnisse erreicht wird. Insbesondere im Hinblick auf die Erfüllung von Anforderung A5 ist Messung der Variablen AUSWIRKUNG relevant.

## 5 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir einen Ansatz vorgestellt, mit dessen Hilfe bereits in Frühphasen der Konzeption die Wirtschaftlichkeit von Smart Services abgeschätzt werden kann. Die abgeleiteten Anforderungen A1, A2, A3 und A4 beziehen sich auf die Struktur des Modells und konnten weitgehend umgesetzt werden, wenngleich Umfang und Ausdrucksstärke des Modells Verbesserungspotenzial haben. Die Anforderung A6 konnte im Tool umgesetzt werden, da die Reihenfolge der Erfassung völlig frei ist. Die Anforderung A7 wurde mit einem geringen Modellumfang adressiert und wurde im Hinblick auf leichte Verständlichkeit in der empirischen Evaluierung positiv bewertet. Hier sind weitere Untersuchungen nötig, um die Verständlichkeit des Modells für interdisziplinäre Teams zu optimieren. Offen geblieben ist die Anforderung A5. Hier könnte durch Aufzeichnung der einzelnen Modellierungsschritte in der EG bzw. Beobachtung der KG die Zeitpunkte verglichen werden, bei denen bestimmte Zwischenergebnisse erreicht werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die integrierte Modellierung von technischen, fachlichen und geschäftlichen Aspekten von Smart Services möglich ist. In der Evaluierung zeigte sich, dass Nutzer die Verwendung eines Tools als hilfreich empfinden. Bei der Bewertung des Nutzens zeigte sich lediglich beim Aspekt „Strukturierung der Gestaltungsaufgabe“ ein Unterschied zur Kontrollgruppe. Weiterhin legen die Ergebnisse nahe, dass der Tooleinsatz sich bei der Verwendung in Gruppenaufgaben zur Servicekonzeption nicht negativ auswirkt. Auf dieser Basis ergibt sich für die vorliegende Version dennoch nur ein geringer Mehrwert der tool-gestützten Modellierung von Smart Services. Künftige Untersuchungen sollten sich auf die Erarbeitung von Bedingungen konzentrieren, unter denen ein solcher Tooleinsatz stärker wirksam wird.

## 6 Literatur

- Adrodegari F, Alghisi A, Ardolino M, Saccani N (2015) From Ownership to Service-oriented Business Models: A Survey in Capital Goods Companies and a PSS Typology. *Procedia CIRP* 30:245–250. doi: 10.1016/j.procir.2015.02.105
- Alam I, Perry C (2002) A customer-oriented new service development process. *Journal of Services Marketing* 16(6):515–534. doi: 10.1108/08876040210443391
- Baines TS, Lightfoot HW, Evans S, Neely A, Greenough R, Peppard J, Roy R, Shehab E, Braganza A, Tiwari A, Alcock JR, Angus JP, Bastl M, Cousens A, Irving P, Johnson M, Kingston J, Lockett H, Martinez V, Michele P, Tranfield D, Walton IM, Wilson H (2007) State-of-the-art in product-service systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 221(10):1543–1552. doi: 10.1243/09544054JEM858
- Barrett M, Davidson E, Prabhu J, Vargo SL (2015) Service innovation in the digital age: key contributions and future directions. *MIS quarterly* 39(1):135–154
- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R, Glauner C, Stypmann M, Rosenkranz C, Schmitt R, Hatfield S, Schmitz G, Eberhardt S, Dietz M, Thomas O, Walter P, Lönngren H, Leimeister JM



- (2009) Ordnungsrahmen für die hybride Wertschöpfung. In: Thomas O (ed) Dienstleistungsmodellierung: Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen. Physica-Verl., Berlin [u.a.], pp 109–128
- Böhm T, Leimeister JM, Möslin K (2014) Service-Systems-Engineering. *Wirtschaftsinformatik* 56(2):83–90. doi: 10.1007/s11576-014-0406-6
- Broy M (2010) Cyber-Physical Systems: Innovation Durch Software-Intensive Eingebettete Systeme. *Cyber-Physical Systems* 0
- Cavalieri S, Pezzotta G (2012) Product–Service Systems Engineering: State of the art and research challenges. *Product Service System Engineering: From Theory to Industrial Applications* 63(4):278–288. doi: 10.1016/j.compind.2012.02.006
- Fischer T, Gebauer H, Fleisch E (2012) Service Business Development: Strategies for Value Creation in Manufacturing Firms. Cambridge University Press, Cambridge
- Fleisch E, Weinberger M, Wortmann F (2015) Business Models and the Internet of Things (Extended Abstract). In: Podnar Žarko I, Pripužić K, Serrano M (eds) Interoperability and open-source solutions for the internet of things: International Workshop, FP7 OpenIoT Project, held in conjunction with SoftCOM 2014, Split, Croatia, September 18, 2014, Invited papers, vol 9001. Springer, Cham, pp 6–10
- Gräßle M, Thomas O, Fellmann M, Krumeich J (2010) Vorgehensmodelle des Product-Service Systems Engineering. In: Thomas O, Loos P, Nüttgens M (eds) Hybride Wertschöpfung: Mobile Anwendungssysteme für effiziente Dienstleistungsprozesse im technischen Kundendienst. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 82–129
- Herrmann K, Klein R (2004) Softwaregestütztes Controlling der Dienstleistungsentwicklung. In: Klein R, Herrmann K, Scheer A, Spath D (eds) Computer Aided Service Engineering. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 145–174
- Herterich M, Uebernickel F, Brenner W (2015) Nutzenpotentiale cyber-physischer Systeme für industrielle Dienstleistungen 4.0. *HMD* 52(5):665–680. doi: 10.1365/s40702-015-0164-y
- Huber D, Kaiser T (2015) Wie das Internet der Dinge neue Geschäftsmodelle ermöglicht. *HMD* 52(5):681–689. doi: 10.1365/s40702-015-0169-6
- Kees A, Oberlaender AM, Roeglinger M, Rosemann M (2015) Understanding the Internet of Things: A Conceptualisation of Business-to-Thing (B2T) Interactions. In: Proceedings of the Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS 2015), Münster
- Kempkens W (2014) Telekom und Canyon entwickeln vernetztes Fahrrad. <http://www.ingenieur.de/Themen/Fahrrad/Telekom-Canyon-entwickeln-vernetztes-Fahrrad>. Accessed 11 November 2014
- Leimeister JM (2012) Dienstleistungsengineering und -management. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg
- Lin F, Hsieh P (2011) A SAT View on New Service Development. *Service Science* 3(2):141–157. doi: 10.1287/serv.3.2.141
- Mikusz M (2014) Towards an Understanding of Cyber-physical Systems as Industrial Software-Product-Service Systems. *Procedia CIRP* 16:385–389. doi: 10.1016/j.procir.2014.02.025
- Neely A (2008) Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing. *Oper Manag Res* 1(2):103–118. doi: 10.1007/s12063-009-0015-5
- Niemöller C, Özcan D, Metzger D, Thomas O (2014) Towards a Design Science-Driven Product-Service System Engineering Methodology. In: Hutchison D, Kanade T, Kittler J, Kleinberg JM, Kobsa A, Mattern F, Mitchell JC, Naor M, Nierstrasz O, Pandu Rangan C, Steffen B,

- Terzopoulos D, Tygar D, Weikum G, Tremblay MC, VanderMeer D, Rothenberger M, Gupta A, Yoon V (eds) *Advancing the Impact of Design Science: Moving from Theory to Practice*, vol 8463. Springer International Publishing, Cham, pp 180–193
- Peffer K, Tuunanen T, Gengler CE, Rossi M, Hui W, Virtanen V, Bragge J (2006) The design science research process: a model for producing and presenting information systems research. In: Chatterjee S, Hevner A (eds) *Proceedings of the first international conference on design science research in information systems and technology*, pp 83–106
- Pezzotta G, Pirola F, Pinto R, Akasaka F, Shimomura Y (2015) A Service Engineering framework to design and assess an integrated product-service. *Mechatronics*. doi: 10.1016/j.mechatronics.2015.05.010
- Porter ME, Heppelmann JE (2014) *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*. Harvard Business Review
- Sonnenberg C, Vom Brocke J (2012) Evaluation Patterns for Design Science Research Artefacts. In: Helfert M, Donnellan B (eds) *Practical aspects of design science: European Design Science Symposium, EDSS 2011, Leixlip, Ireland, October 14, 2011, Revised selected papers*, vol 286. Springer, Berlin, New York, pp 71–83
- Stampf NS (2011) *Die Zukunft der Dienstleistungsökonomie*. Springer, Berlin, Heidelberg
- Stiller B, Barlet-Ros P, Cushnie J, Domingo-Pascual J, Hutchison D, Lopes R, Mauthe A, Popa M, Roberts J, Solé-Pareta J, Trcek D, Veciana C (2003) Pricing and QoS. In: Smirnov M, Biersack E, Blondia C, Bonaventure O, Casals O, Karlsson G, Pavlou G, Quoitin B, Roberts J, Stavrakakis I, Stiller B, Trimintzios P, van Mieghem P (eds) *Quality of future Internet services: COST Action 263 final report*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp 263–292
- Turber S, Vom Brocke J, Gassmann O, Fleisch E (2014) Designing Business Models in the Era of Internet of Things. In: Hutchison D, Kanade T, Kittler J, Kleinberg JM, Kobsa A, Mattern F, Mitchell JC, Naor M, Nierstrasz O, Pandu Rangan C, Steffen B, Terzopoulos D, Tygar D, Weikum G, Tremblay MC, VanderMeer D, Rothenberger M, Gupta A, Yoon V (eds) *Advancing the Impact of Design Science: Moving from Theory to Practice*, vol 8463. Springer International Publishing, Cham, pp 17–31
- Velamuri VK, Bansemir B, Neyer A, Möslin KM (2013) Product Service Systems as a Driver for Business Model Innovation: Lessons learned from the Manufacturing Industry. *Int. J. Innov. Mgt.* 17(01):1340004. doi: 10.1142/S1363919613400045
- Wilde T (2008) *Experimentelle Forschung in der Wirtschaftsinformatik: Analyse des Methodenpotenzials und Entwicklung geeigneter Experimentaldesigns*. Schriftenreihe Studien zur Wirtschaftsinformatik, Bd. 27. Kovač, Hamburg
- Wortmann F, Flüchter K (2015) Internet of Things. *Bus Inf Syst Eng* 57(3):221–224. doi: 10.1007/s12599-015-0383-3
- Yoo Y, Henfridsson O, Lyytinen K (2010) The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Research* 21(4):724–735. doi: 10.1287/isre.1100.0322
- Zolnowski A, Böhm T (2013) Veränderungstreiber service-orientierter Geschäftsmodelle. In: Böhm T, Warg M, Weiß P (eds) *Service-orientierte Geschäftsmodelle*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 31–52

# **Dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – aktueller Stand und Potenziale für KMU**

**Esther Bollhöfer<sup>1</sup>, Daniela Buschak<sup>1</sup> und Cornelius Moll<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI),  
esther.bollhoefer@isi.fraunhofer.de

## **Abstract**

Für die wirtschaftliche Verwertung des Technologiepotenzials von Industrie 4.0-Anwendungen bedarf es neuer Geschäftsmodelle. Als besonders relevant für den Maschinen- und Anlagenbau erweisen sich dabei Geschäftsmodelle, in denen die Dienstleistung die Hauptkomponente für die Nutzenerfüllung des Kunden darstellt. Der Beitrag zeigt die Ergebnisse einer Literaturanalyse mit der Fragestellung, welche Geschäftsmodellkonzepte im Maschinen- und Anlagenbau für Industrie 4.0 aktuell existieren und die Ergebnisse einer Interviewserie mit 15 Unternehmen, hinsichtlich des Standes von Industrie 4.0-Aktivitäten allgemein und speziell im Dienstleistungsbereich sowie unternehmensseitige Hemmnisse für die Umsetzung. Ein spezielles Augenmerk der Untersuchungen ist dabei auf die Situation von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gerichtet. Zum einen wird untersucht, ob spezifische Geschäftskonzepte für KMU in der Literatur existieren und zum anderen werden der aktuelle Entwicklungsstand und Hemmnisse in der Umsetzung von KMU auf Basis der geführten Interviews aufgezeigt.

## **1 Einführung**

In den letzten Jahren sind vermehrt Bemühungen zu verzeichnen, eine verstärkte Dienstleistungsorientierung in der Industrie zu erreichen, eine sogenannte Tertiarisierung (Baines et al. 2009; Lay 2014). Maschinen- und Anlagenbauer verkaufen nicht mehr nur ihre Produkte, sondern bieten zusätzlich auf das Produkt abgestimmte Dienstleistungen an (Vandermerwe und Rada 1988; Wise/Baumgartner 1999; Baines et al. 2009). Diese reichen von klassischen produktbegleitenden Dienstleistungen, wie z. B. Wartung, Reparatur und Schulung, bis hin zu avancierten kundenorientierten Leistungsbündeln (Mathieu 2001; Oliva und Kallenberg 2003; Lay 2014), welche materielle und immaterielle Leistungskomponenten beinhalten (Engelhardt et al. 1993).

Diese industrielle Entwicklung legt nahe, dass sich Produkthersteller auf einem Transformationspfad befinden, der den Weg vom reinen Produzenten zum Anbieter innovativer Dienstleistungen beschreibt (Gebauer et al. 2005). Am Ende dieses Pfades stellt die Dienstleistung die Hauptkomponente in der Erfüllung des Kundennutzens dar, dies beschreiben sogenannte dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle (Oliva und Kallenberg 2003; Biege 2014). Mit diesem Pfad haben sich bereits viele Beiträge beschäftigt (Oliva und Kallenberg 2003; Penttinen und Palmer 2007; Gebauer et al. 2008; Matthyssens und Vandebeempt 2010).

Aktuelle technologische Entwicklungen geben dieser Transformation neuen Auftrieb: Additiv statt Produzenten ihre Produkte vermehrt mit intelligenten Systemen aus, damit Maschinen und Anlagen in der Produktion miteinander kommunizieren und eigenständig regelbasiert agieren können. Diese Digitalisierung der Industrie ist auf Fortschritte in der Technologieentwicklung zurückzuführen (Lerch und Gotsch 2014) und mündet aktuell in das Konzept Industrie 4.0, welches die Digitalisierung traditioneller Industrien in Deutschland umfasst (Ganschar et al. 2013; Bauer et al. 2014). Erste Umsetzungen zeigen, dass vor allem große Unternehmen verstärkt digitale Systeme für ihre Dienstleistungsangebote einsetzen (Münster und Meiren 2011; Bischoff et al. 2015).

Jedoch werfen die weitreichenden Möglichkeiten auch viele Fragen auf, wie z. B. nach dem Grad der IT-Integration, der Datensicherheit, den nötigen Kompetenzen, den noch zu gestaltenden Standards und der wirtschaftlichen Verwertung, die vor allem KMU nur zögerlich agieren lassen. Daher soll dieser Beitrag untersuchen, welche Geschäftsmodell-Konzeptionen für Industrie 4.0 allgemein und speziell für KMU existieren. Dies geschieht in einem ersten Schritt mit einer Analyse und Kategorisierung der derzeit in der Literatur beschriebenen neuen Geschäftsmodelle im Rahmen von Industrie 4.0 und einer Überprüfung, ob diese einen KMU-Bezug aufweisen. In einem zweiten Schritt erfolgt ein Vergleich mit der derzeitigen Situation im Maschinen- und Anlagenbau. Hierzu werden die Ergebnisse von Experteninterviews aus dem Jahr 2014 herangezogen und systematisch ausgewertet. So lassen sich die derzeitige Position von KMU aus dem Maschinen- und Anlagenbau auf dem Transformationspfad verorten. Der Beitrag schließt mit einer Synthese zu Entwicklungsstand und Hemmnissen und zeigt Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells unter Anwendung von Industrie 4.0-Technologien speziell für KMU auf.

## **2 Industrie 4.0-Geschäftsmodelle in der Literatur**

Die Digitalisierung der Wertschöpfungskette im Rahmen von Industrie 4.0 gilt als Herausforderung und zugleich als Befähiger zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Die mit der Digitalisierung einhergehende Verfügbarkeit von Daten soll mittels innovativer Geschäftsmodelle in marktfähige Angebote überführt werden, die sowohl dem anbietenden Maschinenbauunternehmen, wie auch dem industriellen Kunden einen Mehrwert bieten.

Für die Entscheidung insbesondere von KMU, in die Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse zu investieren, spielt der wirtschaftliche Nutzen eine ausschlaggebende Rolle (Geissbauer et al. 2014; Schütte 2014). Die technische Entwicklung ist somit untrennbar verbunden mit dem Vorhandensein innovativer Geschäftsmodelle, welche die wirtschaftliche Verwertung sicherstellen. Doch wie genau sehen diese neuen Geschäftsmodelle aus? Um herauszufinden, welche konkreten Geschäftsmodellkonzepte KMU aktuell zur Verfügung stehen, wurden Publikationen zum Thema Industrie 4.0 auf die Nennung von Geschäftskonzepten sowie von bereits umgesetzten Industrie 4.0-Geschäftsmodellen für den Maschinen- und Anlagenbau untersucht. Ausgangsbasis für die Analyse ist eine im Herbst 2014 für eine projektbezogene Marktanalyse erstellte und gepflegte Datenbank von Publikationen zum Themenfeld Digitalisierung der Industrie. Durchsucht wurden hierbei die Fachdatenbanken Technik und Management, Wirtschaftswissenschaften, Scopus und Web of Science sowie die Internet- Suchmaschinen Google und Google/Scholar nach Journal Artikeln, Studien, Zeitschriftenartikeln, Büchern, Buchbeiträgen aber auch nach grauer Literatur (Whitepaper, Konferenz-Beiträge, Materialien von Verbänden und Arbeitskreisen...). Für die Recherche wurden die Suchbegriffe „Industrie 4.0“, „Cyber-Physical-Systems/cyberphysical systems“ jeweils einzeln und in Kombination abgefragt und anschließend inhaltlich auf das Verarbeitende Gewerbe sowie den Maschinenbau eingegrenzt. Diese interne Datenbank wurde

nach Abschluss der Analyse weitergepflegt, indem von der Projektgruppe aktuelle Journalartikel und Reports zum Thema Industrie 4.0 ergänzt wurden. Die Datenbank enthält heute 152 Beiträge in deutscher und englischer Sprache aus dem Zeitraum 2002 bis 2014. Die Mehrheit der Beiträge stammt jedoch aus den Jahren 2012 – 2014, beschreibt Entwicklungen unter dem Stichwort Industrie 4.0 und ist in deutscher Sprache verfasst.

Sämtliche in der Datenbank enthaltenen Artikel wurden nacheinander von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern auf Inhalte zu dem Begriff „Geschäftsmodell“ bzw. „business model“ durchsucht. Relevant für die Untersuchung waren Geschäftsmodelle für den Maschinen- und Anlagenbau, die einen neuen Nutzen oder eine Optimierung bestehender Leistungen an den Kunden formulieren. Konzepte oder Praxisbeispiele, die sich auf die Optimierung interner Prozesse beziehen, wie Verbesserung der Termineinhaltung oder Qualitätsprüfung wurden nicht betrachtet. Von den 152 Beiträgen thematisierten 77 konkrete Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit Industrie 4.0. Diese Beiträge wurden detailliert überprüft auf die Beschreibung von Geschäftsmodellkonzepten oder Praxisbeispielen im Branchenkontext des Maschinen- und Anlagenbaus. In 18 Beiträgen wurden konkrete Umsetzungskonzepte identifiziert. Diese bildeten die Ausgangsbasis zur Listung und Kategorisierung verschiedener Geschäftsmodelle für Industrie 4.0. Zusätzlich wurden die Quellen noch ausgewertet nach Zielgruppe und Art des Geschäftsmodells (theoretisch oder praktisch). Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Literaturanalyse im Überblick. Für jede Kategorie werden die entsprechenden Quellbeiträge angegeben und durch eine kurze Beschreibung der Kategorie ergänzt. Der Ansatzpunkt für Maschinen- und Anlagenhersteller in der Geschäftsmodellkategorie wurde eigens hinzugefügt.

Alle Beiträge die Geschäftsmodelle thematisieren, unabhängig von der Tiefe der Ausführungen, heben deren Bedeutung hervor, die technischen Möglichkeiten im Rahmen von Industrie 4.0 in ein tragfähiges marktgerichtetes Angebot zu überführen. In 18 Beiträgen fanden sich konkretere Ausführungen zu Geschäftsmodellen, hierbei wurden entweder theoretische Konzepte beschrieben oder von bereits umgesetzten Beispielen berichtet. Die identifizierten Geschäftsideen für Industrie 4.0 unterscheiden sich in ihrer Detailtiefe. Eine ausführliche Beschreibung der Geschäftsmodellbeispiele und -konzepte für Industrie 4.0, welche detailliert auf die einzelnen Geschäftsmodellbestandteile, Nutzenversprechen, Wertschöpfungsarchitektur und Ertragsmodell (Stähler 2002) eingehen, findet sich, mit Ausnahme von Schlicker et al. (2010), die jedoch nicht auf Industrie 4.0 sondern auf hybride Wertschöpfungskonzepte fokussieren, in keinem der Beiträge. Beschrieben wird zumeist grob das Nutzenversprechen für den Abnehmer und die neue Industrie 4.0-Technologie, welche die Erfüllung des Nutzenversprechens erst ermöglicht. In einigen Beiträgen werden zusätzlich noch der Nutzen für weitere Beteiligte des Geschäftsmodells ausgeführt sowie passfähige Ertragsmodelle vorgeschlagen.

Autor(en)	Beschreibung	Ansatz Maschinen- Anlagenbau
<b>Ergebnisverkauf (PSS)</b>		
Emmrich et al. 2015 (P), FhI ISI/VDI 2014 (K*), Lucke et al. 2014 (K), Kagermann et al. 2014 (K), Walison et al. 2014 (K), Bischoff et al. 2015 (K)	Angebot von Produkt-Dienstleistungs-Systemen. Verkauf des Ergebnisses (Übernahme der Bearbeitung, von Transport-, Montage- und Logistikleistungen) via pay-on-production, pay-per-piece Ertragsmodellen. Eigentum bleibt beim Maschinenhersteller.	Anbieter der PSS für Kunden
<b>Nutzungsverkauf (PSS)</b>		
FhI ISI/VDI 2014 (K*), Lucke et al. 2014 (K), Kagermann et al. 2013 (K), Walison et al. 2014 (K), Bischoff et al. 2015 (K,K), Kagermann et al. 2013 (K)	Angebot von Produkt-Dienstleistungs-Kombinationen für Maschinenbetreiber/Netzwerkpartner, Verkauf von Nutzungsmöglichkeiten bzw. Verfügbarkeiten via pay-per-hour, pay-per-use Modelle, Eigentum bleibt beim Maschinenhersteller.	Anbieter der PSS für Kunden
<b>Lösungsverkauf</b>		
Lucke et al. 2014 (K)	Mitentwicklung von wertsteigernden Merkmalen für den Endkunden, Entlohnung nach Erfolg.	Anbieter des Produkts
<b>Optimierung Wartung/Instandhaltung</b>		
Emmrich et al. 2015 (P, K), Markl et al. 2013 (K), Sulavik et al. 2015 (K), Kieser 2014 (P), Lerch und Gotsch 2014 (P), o.V. 2013 (P,P), Kagermann et al. 2013 (K)	Angebot von optimierten produktbegleitenden Dienstleistungen, zumeist Wartung/Instandhaltung auch Konstruktion, Abrechnung auch über Garantien (Verfügbarkeit/Kosten) möglich basierend auf Erfassung der Betriebsdaten/Ortsdaten (RFID)	Anbieter von produktbegleitenden Dienstleistungen für Kunden
<b>Zugriff Infrastruktur</b>		
Emmrich et al. 2015 (P), Wehle und Dietel 2015 (P)	Angebot der Nutzung von (Cloud) Infrastrukturen sowie Physical Analytic und Big Data Analyse Tools, z. B. zur Optimierung der Instandhaltung	Anbieter von Expertenwissen für Kunden
<b>Plattform als Kommunikationsschnittstelle</b>		
o.V. 2014a (P), Kagermann et al. 2013 (K)	Angebot über eine Plattform Informationen zum Produktionsstatus/zu Änderungsmöglichkeiten im Produktdesign zu erhalten	Anbieter der Plattform
Schlicker et al. 2010 (P)	Bereitstellung von Serviceinformationen über eine digitale, mobil zugreifbare Plattform sowie Erfassung und Auswertung von rückgemeldeten Service- und Kundendaten	Anbieter von Expertenwissen
<b>Plattform für Zugriff auf Analysetools und auf anwendungsspezifisches Wissen</b>		
Wolff/Schulze 2012 (K), o.V. 2014a (P,P), Emmrich et al. 2015 (P),	Cloud-basierte Internetplattform oder App, die Zugriff auf Softwaretools angepasst für das jeweilige Produktionsmittel und/oder anwendungsspezifisches Wissen bietet.	Anbieter der App/Plattform
<b>Plattform als Marktplatz für Dienste</b>		
Emmrich et al. 2015 (K), Kagermann et al. 2014 (K)	Angebot über eine Plattform Anbieter und Käufer von industriellen Dienstleistungen zusammenzubringen bzw. bereits Zugriff auf Anlagendaten ermöglicht, um bedarfsgerechte Dienste anbieten zu können.	Anbieter von Diensten auf der Plattform
<b>Plattform als Marktplatz für Technologiedaten</b>		
Kagermann et al. 2013 (K)	Austausch/Verkauf von Technologiedaten über eine Plattform	Anbieter/Käufer von Daten auf der Plattform
<b>Transaktion über Plattform</b>		
Emmrich et al. 2015 (P)	Durchführung der gesamten Transaktion über eine Plattform inkl. Zugriff auf notwendiger Designsoftware	Anbieter der Plattform
K = Konzept, P = Praxisbeispiel, K* = Praxisbeispiel zu finden z. B. bei Lay et al. 2007		

**Tabelle 1:      Übersicht Geschäftsideen Industrie 4.0 im Bereich Maschinen-und Anlagenbau**

Die Kategorisierung der identifizierten Konzepte und Beispiele zeigt, dass servicebasierte Geschäftskonzepte, auch Produkt-Service-Systeme (PSS) genannt, am häufigsten Erwähnung finden. Diese bereits seit längerem als dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle im verarbeitenden Gewerbe diskutierten Konzepte von Nutzungs- und Ergebnisverkauf haben durch die Digitalisierung eine Renaissance erfahren. Neue Möglichkeiten der Digitalisierung können bestehende Hürden in der Umsetzung überwinden und somit die Nutzenziehung für den Anbieter erleichtern. Nicht zuletzt aus dem Beitrag Schlicker et al. (2010) wird deutlich, dass Ähnlichkeiten zwischen den Industrie 4.0-Geschäftsmodellen und den hybriden Wertschöpfungssystemen bestehen, so dass ein systematischer Abgleich bestehender wissenschaftlicher Arbeiten zu diesen Themen ein noch zu vollziehender Schritt ist. Ebenfalls ein häufig thematisiertes Konzept ist der Einsatz von Industrie 4.0-Technologien für die Optimierung traditioneller produktbegleitender Dienstleistungen, zumeist im Bereich der Wartung und Instandhaltung. Unklar bleiben die Ausführungen inwiefern der Mehrwert einer optimierten Instandhaltung als eigenständiges Marktangebot gestaltet wird, z. B. als Garantie, oder ein Zusatzpaket der bisher erbrachten produktbegleitenden Dienstleistung darstellt. Eine weitere Kategorie an formulierten Geschäftsideen sind Plattformkonzepte. Hierunter fallen verschiedene Konzepte, die auf dem Austausch über Plattformen aufbauen, als Marktplatz für Dienste, Daten, Informationen oder zur Kommunikation mit dem Kunden. Weitere Ideen beschreiben den Lösungsverkauf, Zugriff auf Infrastruktur und Verkauf von spezifischen Softwarelösungen für industrielle Kunden.

Obwohl die analysierten Beiträge klar die Bedeutung neuer Geschäftsmodelle herausstellen, unterbleibt zumeist eine Definition, wodurch sich eine Geschäftsmodellinnovation kennzeichnet. Hierdurch entstehen konzeptionelle Unschärfen, welche die Erstellung von Referenzmodellen und Ableitung von Handlungsempfehlungen erschweren. Ein Beispiel ist der häufig hergestellte Bezug im Rahmen der Instandhaltung. Die Nutzung von Echtzeitdatenerfassung zur Verbesserung der Wartung und Instandhaltung ist nicht per se mit einem neuen Geschäftsmodell gleichzusetzen. Vielmehr ist es an diesem Punkt wichtig für ein Unternehmen zu entscheiden, wie die wirtschaftliche Verwertung des technischen Potenzials aussehen soll. Eine digital unterstützte Wartung kann zum einen das bestehende Geschäftsmodell in Form einer additiven Zusatzleistung ergänzen; zum anderen kann eine digitalisierte Wartung, angeboten als Leistungsgarantie, den Nukleus eines neuen Geschäftsmodells bilden. Letzteres würde Anpassungen der Wertschöpfungsarchitektur des Ertragsmodells sowie des Kundensegments und auch eine Änderung des Selbstbilds bzw. der Kultur des Unternehmens erfordern. Des Weiteren wird in der Literatur bislang keine dezidierte Unterscheidung des Anwenderkreises von Geschäftsmodellen vorgenommen, d. h. Empfehlungen zu Geschäftsmodellen nach Größe, für KMU und/oder große Unternehmen oder nach Produktart, wie Komponenten- und/oder Anlagenhersteller, existieren derzeit nicht.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Diskussion um die Entwicklung von Geschäftsmodellen für Industrie 4.0 mit dieser der Technologieentwicklung im Rahmen von Industrie 4.0 nicht Schritt halten kann. Für die Umsetzung in marktfähige Angebote gilt es die Vorteile zu benennen, die technische Entwicklungen für verschiedene Anwenderkreise bringen. Ferner ist zu untersuchen, welche Herausforderungen mit der wirtschaftlichen Umsetzung einhergehen und welche Investitionen abseits der Technologie in die Änderungen bestehender Geschäftsmodelle und Organisationsstrukturen getätigt werden müssen. Ideen für neue Geschäftsmodellkonzepte für Industrie 4.0 werden bislang allgemein formuliert. Besonderheiten in der Umsetzung, die speziell auf die Situation von KMU im deutschen Maschinenbau zugeschnitten sind, werden in der Literatur noch nicht thematisiert. Hierzu besteht jedoch großer Bedarf, da insbesondere für KMU die Wirtschaftlichkeitsbewertung eine große Rolle spielt, in die neue Technologien zu investieren. Allerdings sind bereits verschiedene Forschungsprojekte und

Initiativen auf dem Weg, Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 herauszuarbeiten, z. B. GEMINI, SecurePLUGandWORK und die Initiative Industrie für den Mittelstand. Um das Zusammenfügen der Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte zu erleichtern, sollte daher eine klare Trennung hinsichtlich der beschriebenen Innovationen in Produkt-, Dienstleistungs-, Prozess-, Marketing-, und organisatorische Innovationen oder Geschäftsmodellinnovation (o.V. 2005) vorgenommen werden.

### **3 Aktueller Stand und Hürden bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in KMU**

Ähnlich wie bei der Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen im Kontext von Industrie 4.0 gibt es auch zum Stand der Umsetzung der Digitalisierung der Wertschöpfungskette im Zusammenhang mit Industrie 4.0 kein klares Bild, insbesondere zu KMU. Zur Bestimmung der Position von KMU bei der Umsetzung von Industrie 4.0 wird daher auf Daten zurückgegriffen, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten und vom Projektträger Karlsruhe betreuten Forschungsprojekts SecurePLUGandWORK (Fkz. 02PJ2590 ff) erhoben wurden. Im Zuge des Forschungsprojekts wurde eine eigenständige Unternehmensbefragung durchgeführt, die zum Ziel hatte mit einer hohen Detailtiefe, den aktuellen Stand der Umsetzung von Industrie 4.0, erwartete Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Wertschöpfungskette und Dienstleistungsangebot sowie Chancen, Risiken, Treiber und Hemmnisse im Zusammenhang mit Industrie 4.0 bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes zu erfassen.

#### **3.1 Methode**

Insgesamt wurden Experteninterviews mit Vertretern von 14 Unternehmen sowie einem Verbandsvertreter geführt. Zwei der befragten Unternehmen waren Hersteller von Elektronikkomponenten. Sie wurden in die Befragung inkludiert, um die Zulieferer- und Ausrüstersicht bei Industrie 4.0-Lösungen zu berücksichtigen. Der Verband steht stellvertretend für die Automatisierungsindustrie, die übrigen Unternehmen sind dem Maschinen- und Anlagenbau zuzuordnen. Die befragten Unternehmen verteilen sich über ganz Deutschland und teilen sich nahezu hälftig zwischen KMU (bis 250 Mitarbeitern) und großen Unternehmen auf, was eine differenzierte Betrachtung der beiden Kategorien ermöglichte. Um ein hohes Maß an Vergleichbarkeit erzielen und gleichzeitig den Besonderheiten der Unternehmen Rechnung tragen zu können, lag den etwa einstündigen Interviews ein strukturierter Fragebogen mit sowohl offenen als auch geschlossenen Fragen zugrunde. Von den Interviews wurden sechs in einem persönlichen Treffen und neun telefonisch durchgeführt. Ein Protokoll, welches von mindestens zwei bei den Gesprächen anwesenden wissenschaftlichen Mitarbeitern im Anschluss an die Gespräche ausgearbeitet wurde, dokumentiert die Ergebnisse.

Die Aussagen der Interviewpartner wurden, basierend auf den Protokollen, in einer Matrixstruktur zusammengeführt, wobei in den Zeilen die Fragen und in einer Spalte jeweils die dazugehörigen Antworten eines Unternehmens aufgeführt sind. Ausgewertet wurden die Fragenkomplexe zu dem Stand von Industrie 4.0-Aktivitäten, dem Dienstleistungsangebot und Angebot und Nachfrage nach neuen Geschäftsmodellen im Kontext von Industrie 4.0 sowie damit verbundene Hemmnisse in der Umsetzung. Diesen Schritt führten zwei wissenschaftliche Mitarbeiter parallel durch, bevor dann abschließend die Auswertungen verglichen und zusammengeführt wurden.



### 3.2 Aktueller Stand bei der Umsetzung von Industrie 4.0 für KMU

Viele der befragten Unternehmen befassen sich nur am Rande mit Industrie 4.0 und haben selbst nur in sehr geringem Umfang konkrete Erfahrungen mit neuen technischen Lösungen gemacht. Selbst Konzepte, wie Fernzugriff auf Produktionsanlagen durch den Hersteller, welche eher als Vorstufe zu Industrie 4.0 anstatt als Industrie 4.0 selbst zu betrachten sind und für die praktikable technische Lösungen seit längerer Zeit existieren, sind wenig verbreitet. Dies ist aber weniger auf mangelndes Interesse oder Engagement der Komponenten- oder Anlagenhersteller, sondern vielmehr auf mitunter nachvollziehbare Bedenken bezüglich der (Daten-)Sicherheit auf Seiten der Endkunden zurückzuführen. Nach aktuellem Stand gestaltet sich der Informationsaustausch zum Einsatz des Produkts beim Kunden sehr inhomogen. Einige, vor allem große Unternehmen, erhalten bereits verschiedene Betriebsdaten (Lastdaten, Daten zu Verfügbarkeiten, Stör-, Produktions- und Umrüstzeiten) von ihren Kunden, teilweise auch per Fernzugriff. Andere, vor allem KMU, erhalten lediglich während der Angebotserstellung oder im Rahmen von Serviceeinsätzen Informationen zu den Einsatzbedingungen ihrer Produkte. Dieser Informationsaustausch erfolgt meist weder automatisiert noch digital, sondern über informelle Gespräche mit dem Kunden. Fast alle Unternehmen wünschen sich einen höheren Informationsrücklauf vom Kunden. So könnten sie Daten zur Verfügbarkeit und Auslastung sowie Produkt- und Prozessparameter zur Produktoptimierung, Vermeidung von Ausfällen, Kostensenkung, aber auch zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle bzw. Dienstleistungen (z. B. Condition-based Maintenance) verwenden.

Es zeigt sich jedoch auch, dass erste kleine Schritte hin zur Industrie 4.0 unternommen wurden. Viele Unternehmen geben an, die Digitalisierung der Wertschöpfungskette voranzutreiben. Hauptaugenmerk liegt in den meisten Fällen auf der Einführung von Softwarelösungen wie Product Data Management (PDM), Enterprise Resource Planning (ERP) und Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen (PPS), um die Transparenz zu verbessern und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Dies ist zunächst als ein grundlegender Schritt zur Digitalisierung der Wertschöpfungskette zu betrachten. Nur einzelne Unternehmen haben bisher keine derartigen Anstrengungen getätigt. Zur Erbringung von Dienstleistungen wird Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in sehr unterschiedlichem Umfang eingesetzt. Ungefähr ein Drittel der Unternehmen nutzt IKT sehr spärlich oder gar nicht. Die übrigen Unternehmen nutzten Laptops, Smartphones und Software Diagnose Tools bei Serviceeinsätzen vor Ort. Darüber hinaus nutzen einige Befragte VPN-Verbindungen zur Fernwartung von Maschinen und Anlagen. Auffällig ist, dass bei Komponentenherstellern der IKT-Einsatz geringer ist. Die gilt auch für die übergeordnete Gruppe der KMU.

Zum aktuellen Dienstleistungsportfolio gehören bei fast allen befragten Unternehmen Planung, Beratung, Forschung und Entwicklung sowie die Erstellung einer technischen Dokumentation. Weiterhin gehören Montage und Inbetriebnahme bis auf wenige Ausnahmen zu den Standardleistungen. Keine dieser Dienstleistungen beinhaltet momentan nennenswerte Elemente von Industrie 4.0. Neuartige Geschäftsmodelle, wie nutzungs- oder leistungsbezogene Vergütung, z. B. das Bezahlen pro Outputeinheit, Arbeitsgang, nach Nutzungsdauer oder Verfügbarkeit spielen sowohl auf der Angebotsseite als auch auf der Nachfrageseite kaum eine Rolle. Vor allem für Komponentenhersteller ergibt sich keine sinnvolle Einsatzmöglichkeit für derartige Geschäftsmodelle, da ihre Produkte wertmäßig einen zu geringen Anteil an der gesamten Anlage ausmachen, um sie einzeln zu betrachten. Lediglich ein Unternehmen stellte bereits konkrete Überlegungen bezüglich eines Betreibermodells mit einer Vergütung basierend auf der Zahl der Arbeitszyklen an, verwarf dieses Geschäftsmodell aber wieder aufgrund momentan nicht zu erfüllender technischer Voraussetzungen des Produkts. Als Gegenargumente werden häufig eine geringe oder nicht

vorhandene Nachfrage nach innovativen Geschäftsmodellen sowie eine zu geringe Unternehmensgröße, um diese wirkungsvoll am Markt platzieren zu können und ein mit der Unternehmensgröße zusammenhängendes finanzielles Risiko, angeführt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Industrie 4.0 vor allem bei KMU bisher nur in Ansätzen realisiert wurde, wenngleich der zunehmende Trend zur Digitalisierung der Wertschöpfungskette als Basis für die Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen dienen kann. Insbesondere das Dienstleistungsportfolio, welches in den letzten Jahren bei vielen Unternehmen stetig erweitert wurde, bietet Ansatzpunkte für den Einsatz von Industrie 4.0 und damit einen „weichen“ Einstieg in das Thema. Über diesen Zwischenschritt sind künftig auch gänzlich neue Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0 denkbar.

### **3.3 Hürden bei der Umsetzung von Industrie 4.0 für KMU**

Die (Technologie-) Entwicklung im Zukunftsprojekt Industrie 4.0 wird an keinem Unternehmen vorbeigehen, das zumindest war der klare Konsens aller befragten Unternehmen. Allerdings sind auch noch viele Hürden zu überwinden, was letztlich dazu führt, dass sich insbesondere KMU derzeit noch in Zurückhaltung üben. Einzelne Unternehmen gehen voran und haben bereits eine selbststeuernde Produktionslinie in Betrieb und sammeln hier unternehmensintern Erfahrungen. Die Vernetzung mit unternehmensübergreifenden Prozessen in der Wertschöpfungskette ist dann logisch gesehen ein nächster Schritt in Richtung Industrie 4.0.

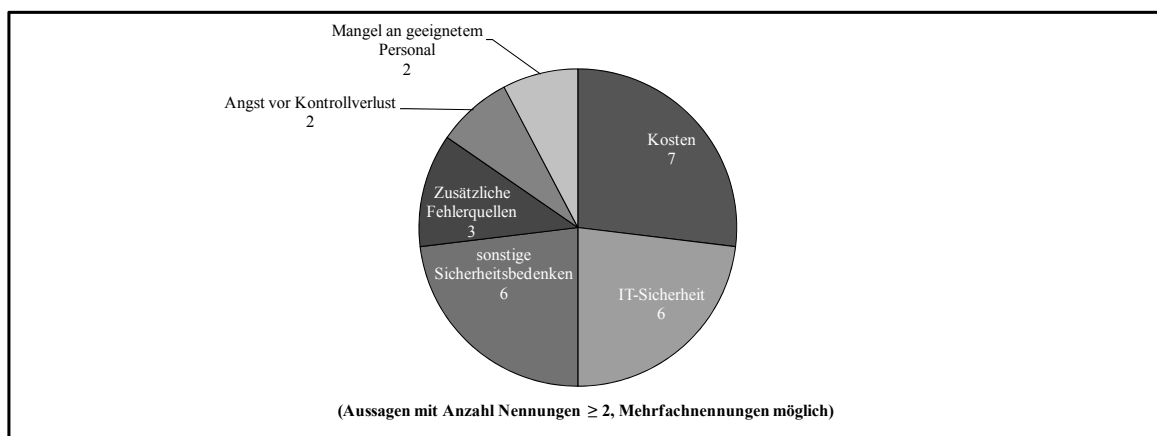
Gerade für KMU könnte dieses Beispiel als Leitbild dienen. Ziel wäre eine schrittweise Annäherung an Industrie 4.0, zunächst durch eine unternehmensinterne Technologieerprobung und dann später durch eine Ausweitung in die Wertschöpfungskette hinein. Als problematisch ist es jedoch anzusehen, wenn einzelne Bausteine oder Projekte als Insellösung konzipiert und umgesetzt werden (Zanker et al. 2014; Bischoff et al. 2015). Diese haben oftmals nicht das Potenzial, den unterschiedlichsten Anforderungen von Kunden und Lieferanten sowie den Entwicklungen der Standardisierung standzuhalten und bergen damit ein großes Amortisationsrisiko in sich. Zudem befindet sich ein Großteil der für Industrie 4.0 notwendigen Technologien noch in der Grundlagen- oder Evaluierungsphase. Diese Technologien sind jedoch für den Mittelstand problematisch, da die Zeitspanne bis zur Marktreife zu groß ist und KMU die Investitionsrisiken nur schwer kalkulieren können (Bischoff et al. 2015). Vor diesem Hintergrund ist es nur verständlich, dass sich gerade KMU derzeit noch mit Investitionen zurückhalten. Sie geben auch in der Befragung die hohen Kosten für Hardware (u. a. Sensorik) und Software (Entwicklungsaufwand) als größtes Hemmnis für die Aufrüstung von Maschinen mit autonomer Steuerungsautomatik an.

Als zweitgrößte Hürde erweisen sich Bedenken im Hinblick auf Datensicherheit bzw. IT-Sicherheit. Gerade die befragten KMU nehmen verstärkt Sicherheitsbedenken ihrer Kunden wahr, sobald ein Zugriff auf Maschinen und Anlagen über offene Netze erfolgen soll. Sowohl die Angst vor Datenverlust und Offenlegung der Daten als auch die Angst vor unbefugten Zugriffen von außen (auf Daten oder Steuerung) werden als besonders schwerwiegend bewertet. Diese Erkenntnis ist deckungsgleich mit zahlreichen anderen Studien, die ebenfalls die Datensicherheit als zentrales Risiko und auch als Umsetzungshürde identifizierten (o. V. 2014b; Schulze 2013; Blanchet et al. 2014; o.V. 2014c; Kagermann et al. 2014).

Auch beklagen die Unternehmen einen Mangel an entsprechend ausgebildetem Personal sowohl intern als auch auf dem Arbeitsmarkt. Der mit Industrie 4.0 einhergehende Schulungsaufwand der eigenen Mitarbeiter ist für die Unternehmen schwer zu beurteilen, daher üben sie sich derzeit noch in Zurückhaltung. In diesem Kontext spielen weiterhin noch Rechtsunsicherheiten, fehlende Lösungen zum Datenmanagement und zur Datensicherheit sowie fehlende standardisierte

Schnittstellen bzw. Software als Hindernisse hinein. Vereinzelt wurden noch eine höhere Anzahl an potenziellen Fehlerquellen durch zusätzliche Hard- und Software und die hohe Individualität der Komponenten und Maschinen als weitere Hemmnisse von den befragten Unternehmen aufgezählt. Diese Hürden sind jedoch nicht als Industrie 4.0-spezifisch anzusehen, sondern spiegeln eher allgemeine Bedenken, wie bei jeder Technologie-Neueinführung in der Produktion wider, die durch die Einführung von Technologien mit einem hohen Technology Readiness Level und einer ausgiebigen Test-/Anlaufphase ausgeglichen werden können.

Zusammenfassend sind die Unternehmen der Auffassung, dass der Aufwand für eine Automatisierung und Digitalisierung durch die Vorteile nicht ausgeglichen werden kann. Eine sachliche Analyse der Einzelantworten führt jedoch zu der Erkenntnis, dass dieses Antwortverhalten nicht logisch begründbar ist: Als bedeutendster Vorteil einer autonomen Selbststeuerung /-konfiguration werden von mehr als der Hälfte der befragten Unternehmen Kosteneinsparungen genannt, womit das Haupthemmnis für eine Automatisierung beseitigt wäre. Es ist zu vermuten, dass hohe Anfangsinvestitionen in die entsprechenden Technologien irrationalerweise schwerer gewichtet werden, als die geringen aber kontinuierlichen Kosteneinsparungen. Danach folgen als weitere Vorteile eine geringere Produktionszeit, eine geringere Fehlerquote ebenso wie eine kürzere Inbetriebnahmezeit. Zudem erwarten die Unternehmen weitere Vorteile durch neue Geschäftsmodelle und eine Erhöhung der Flexibilität.



**Bild 1: Hürden bei der Ausrüstung von Maschinen mit autonomer Steuerungsautomatik**

Das Fazit ist, dass den Unternehmen die Probleme und Risiken ebenso bewusst sind wie die Chancen. Würde der Nutzen für den Kunden, am besten in Form finanzieller oder zumindest geldwerter Vorteile, z. B. durch angepasste oder neue Geschäftsmodelle transparent und greifbar gemacht, würde dies die Diffusion von Industrie 4.0 beschleunigen. Einer Amortisation der getätigten Investitionen stünde somit nichts mehr im Wege. In dieser Richtung werden derzeit jedoch weder Lösungen entwickelt noch diese den Kunden angeboten. Die Bemühungen konzentrieren sich auf die Prüfung einzelner Technologien und die Erfüllung der Anforderungen von marktmächtigeren Kunden und Lieferanten.

## 4 Synthese

Der Maschinen- und Anlagenbau und vor allem KMU in diesem Sektor stehen noch am Anfang der Transformation digitalisierter, dienstleistungsbasierter Geschäftsmodelle. So wird IKT aktuell bei der Erbringung von Dienstleistungen überwiegend als unterstützende Technologie eingesetzt. Auch wenn das Dienstleistungsangebot stetig ausgeweitet wird, bietet ein Großteil der Unternehmen

hauptsächlich Standarddienstleistungen, wie Wartung, Reparatur und Schulung an, avancierte Leistungsbündel finden sich nur äußerst selten im Dienstleistungsportfolio, werden aber auch sehr selten nachgefragt. Das gleiche gilt auch für den Bereich Geschäftsmodelle. So sind innovative dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle für eine digitale Industrie zumeist noch in der Konzeptphase.

Die Gründe für das zögerliche Verhalten von KMU bei der Umsetzung von Industrie 4.0 sind dabei vielfältig. Vor allem der hohe finanzielle Aufwand hält viele KMU davon ab, die Digitalisierung im eigenen Unternehmen im großen Maßstab voranzutreiben. Die Umsetzung von Industrie 4.0 erfordert eine weitreichende Digitalisierung der Wertschöpfungskette und damit große Investitionen, welche für KMU ein hohes finanzielles Risiko darstellen. Überdies sind viele der erforderlichen Technologien momentan noch nicht ausgereift und ausreichend erprobt, was das Risiko einer Fehlinvestition erhöht. Der zweite bedeutender Faktor, der die Verbreitung von Industrie 4.0 bei KMU einschränkt, ist der umfassende Kompetenzbedarf an der Schnittstelle zwischen Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau, der aktuell weder intern noch extern erfüllt werden kann. Weder innerhalb der Unternehmen, noch auf dem Arbeitsmarkt stehen qualifizierte personelle Ressourcen in ausreichendem Umfang zur Verfügung. Auch finden sich aus Sicht der Unternehmen keine geeigneten externen Partner für eine vertrauensvolle Kooperation zur Entwicklung der erforderlichen Kompetenzen und Lösungen. Problematisch ist hierbei, dass IT-Dienstleister vom Maschinen- und Anlagenbau primär als Soft- und Hardwarelieferanten gesehen werden, anstatt als Know-how-Träger oder Lösungsanbieter im Zusammenhang mit Industrie 4.0.

Schließlich fehlt es aktuell an ausführlichen Vorschlägen von Geschäftsmodellen für Unternehmen, insbesondere für KMU, die den wirtschaftlichen Nutzen durch die Digitalisierung für das eigene Unternehmen herausstellen sowie auf organisatorisch notwendige Änderungen insbesondere durch die stärkere Dienstleistungsorientierung verweisen. Der Ausbau des Dienstleistungsangebots im Maschinen- und Anlagenbau wird zwar als Erfolgstreiber gesehen, dennoch sind die Unternehmen in der Umsetzung noch sehr zurückhaltend. Ein Umdenken und eine Abkehr von traditionellen Strukturen, wie es für idealtypische servicebasierte Geschäftsmodelle erforderlich wäre, ist ein komplexer und eher langfristiger Prozess. Vielversprechend scheint es daher auf Basis der ermittelten Ausgangsposition, Konzepte mit geringen Hürden, wie beispielsweise condition-based Maintenance als Einstieg in die Digitalisierung produktbegleitender Dienstleistungen voranzutreiben.

Einen weiteren Ansatzpunkt für eine verstärkte Digitalisierung bieten die bereits existierenden Verflechtungen der Wertschöpfungsketten in Zulieferer-/Abnehmerbeziehungen, wie dies beispielsweise in der Automobilindustrie der Fall ist. KMU in der Rolle des Zulieferers können in der bestehenden Wertschöpfungsk Kooperation schrittweise den Einsatz digitaler Technologien ausbauen und basierend hierauf mit den gesammelten Erfahrungen zusätzliche Mehrwertleistungen anbieten.

Wie der vorliegende Beitrag gezeigt hat, stehen KMU beim Zukunftsthema Industrie 4.0 in der Umsetzung noch am Anfang. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem darin, die Anforderungen an technische Lösungen aus Sicht der KMU systematisch zu erfassen und diese bedarfsgerecht zu gestalten. Zudem sind spezifische dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle auf Basis von Industrie 4.0-Technologien zu erarbeiten und diese ebenfalls an die Anforderungen von KMU anzupassen. In diesem Zusammenhang gilt es zusätzlich konkrete Transformationspfade für KMU aufzuzeigen, wie das Geschäftsmodell erfolgreich umgesetzt werden kann. Hierzu gehört auch die Sensibilisierung von KMU für das Erfordernis einer organisatorischen Transformation für die erfolgreiche Etablierung von Geschäftsmodellen für Industrie 4.0.

## 5 Literatur

- Baines T, Lightfoot H, Benedettini O, Kay J (2009) The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management* 20 (5): 547-567
- Biege S (2014) Adapting Products for Servitisation. In: Lay G (Hrsg) *Servitization in Industry*. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: 295-313
- Bischoff J, Taphorn C, Wolter D, Braun N, Fellbaum M, Goloverov A, Ludwig S, Hegmanns T, Prasse C, Henke M, Hompel M ten, Döbbeler F, Fuss E, Kirsch C, Mättig B, Braun S, Guth M, Kaspers M, Scheffler D (2015) Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. Agiplan, Mühlheim an der Ruhr
- Boyt T, Harvey M (1997) Classification of Industrial Services - A Model with Strategic Implications. *Industrial Marketing Management* 26(4): 291-300
- Brady T, Davies A, Gann D (2005) Creating value by delivering integrated solutions. *International Journal of Project Management* 23(5): 360-365
- Dorst W, Glohr C, Hahn T, et al. (2015) Umsetzungsstrategie Industrie 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-40-verbaendeplattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>. Abgerufen 01.08.2015
- Engelhardt W, Kleinaltenkamp M, Reckenfelderbäumer M (1993) Leistungsbündel als Absatzobjekte. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 45(5): 395-426
- Ganschar O, Gerlach S, Hämmerle M, Krause T, Schlund S (2013) *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Fraunhofer IAO, Spath, D. (Hrsg), Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- Gebauer H, Bravo-Sanchez C, Fleisch E (2008) Service strategies in product manufacturing companies. *Business Strategy Series* 9(1): 12-20
- Gebauer H, Fleisch E, Friedli T (2005) Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies. *European Management Journal* 23(1): 14-26
- Geissbauer R, Schrauf S, Koch V, Kuge S (2014) Industrie 4.0-Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>. Abgerufen 01.08.2015
- Kagermann H, Wahlster W, Helbig J (2013) Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. [http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf), Abgerufen 01.08.2015
- Kieser, D (2014) „Datenbasierte Services gewinnen an Bedeutung“. *Industrieanzeiger* 2014 (22): 24-26
- Lay G (2014) Servitization of Industry: Origins and Definitions. In: Lay G (Hrsg) *Servitization in Industry*. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: 1-20
- Lay G (2007) *Betreibermodelle für Investitionsgüter*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- Lerch C, Gotsch M (2014) Die Rolle der Digitalisierung bei der Transformation vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister. *Die Unternehmung* 68(4): 250-267
- Lucke D, Görzig D, Kacir M, Volkmann J, Haist C, Sachsenmaier M, Rentschler H (2014) Strukturstudie "Industrie 4.0 für Baden-Württemberg", MFW/FhI IPA, Stuttgart
- Markl V, Löser A, Hoeren T, Krcmar H, Hemsen H, Schermann M, Gottlieb M, Buchmüller C, Uecker P, Bitter T (2013) Innovationspotenzialanalyse für die neuen Technologien für das Verwalten und Analysieren von großen Datenmengen (Big Data Management). [https://www.dima.tu-berlin.de/fileadmin/fg131/Publikation/BDM\\_Studie/bigdatamanagement-short-DE-finalv099.pdf](https://www.dima.tu-berlin.de/fileadmin/fg131/Publikation/BDM_Studie/bigdatamanagement-short-DE-finalv099.pdf), Abgerufen 01.08.2015
- Mathieu V (2001) Product services: from a service supporting the product to a service supporting the client, in: *Journal of Business & Industrial Marketing* 16(1): 39-58

- Matthyssens P, Vandenbempt K (2010) Service addition as business market strategy: identification of transition trajectories. *Journal of Service Management* 21(5): 693-714
- Sulavik C, Portnoy M, Waller T (2015) The Internet of Things: what it means for US manufacturing. <http://www.pwc.com/us/en/industrial-products/assets/big-data-next-manufacturing-pwc.pdf>. Abgerufen 01.08.2015
- Meyer T (2014) Die Schnittstelle von der Digitalen Fabrik zum Digitalen Fabrikbetrieb.. *Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 109: 752–755
- Münster M, Meiren T (2011) *Internet-basierte Services im Maschinen- und Anlagenbau*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- Oliva R, Kallenberg R, (2003) Managing the transition from products to services. *International Journal of Service Industry Management* 14(2): 160-172
- o.V. (2005) Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, Paris.
- o.V. (2014a) Industrie 4.0; Grundlagenwissen, Experteninterviews und Pioniere. [http://www.flyacts.com/media/Publikationen/Industrie\\_4.0\\_Grundlagenwissen\\_Experteninterviews\\_Pioniere.pdf](http://www.flyacts.com/media/Publikationen/Industrie_4.0_Grundlagenwissen_Experteninterviews_Pioniere.pdf). Abgerufen 01.08.2015
- o.V. (2014b) Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung. [https://www.dzbank.de/content/dam/dzbank\\_de/de/library/presselibrary/pdf\\_dokumente/DZ\\_Bank\\_Digitalisierung\\_Grafiken.pdf](https://www.dzbank.de/content/dam/dzbank_de/de/library/presselibrary/pdf_dokumente/DZ_Bank_Digitalisierung_Grafiken.pdf). Abgerufen 01.08.2015
- o.V. (2014c) Industrie 4.0. Die nächste industrielle Revolution. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln
- Pfleger C, Kruppa W (2014) BASF setzt auf virtuelle Inbetriebnahme bei einem Migrationsprojekt. *Prozesstechnikonline*, Kennziffer cav0414431
- Penttinen E, Palmer J (2007) Improving firm positioning through enhanced offerings and buyerseller relationships. *Industrial Marketing Management* 36(5): 552-564
- Schlicker M, Thomas O, Johann F (2010) Geschäftsmodelle hybrider Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau mit PIPE. In: Thomas O, Loos P, Nüttgens M (Hrsg.) *Hybride Wertschöpfung – Mobile Anwendungssysteme für effiziente Dienstleistungsprozesse im technischen Kundendienst*. Berlin, Springer, 314-338
- Schütte G (2014) Eingangsstatement des Staatssekretärs im Bundesministerium für Bildung und Forschung, Georg Schütte (26.11.2014). <http://www.bmbf.de/de/25420.php>. Abgerufen 01.08.2015
- Stähler P. (2002) *Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie: Merkmale, Strategien und Auswirkungen*, Eul Verlag, Lohmar/Köln
- Vandermerwe S, Rada J (1988) Servitization of Business: Adding Value by Adding Services. *European Management Journal* 6(4): 314-324
- Walison P, Bouws T, Kramer F, van der Beek, Herm, Tops P, Wijnstok J, Heemskerk P, van Os M, van der Horst, Tom, Helmer S, Huveneers S, Butter M, Mulder G, van der Zee, Frans, Ypma J, van Oort S, Kotterink B, Heide M de, Grosfeld T (2014) *Smart Industry*, Zoetermeer
- Wehle H, Dietel M (2015) Industrie 4.0 – Lösung zur Optimierung von Instandhaltungsprozessen. *Informatik Spektrum* 38: 221
- Wise R, Baumgartner P (1999) Go Downstream - The New Profit Imperative in Manufacturing. *Harvard Business Review* 5(September-Oktober): 133-141
- Wolff I, Schulze S (2013) *Industrie 4.0 Cyber Physical Systems in der Produktion, Clustermanagement IKT.NRW*, Wuppertal
- Zanker C, Som O, Buschak D, Jäger A, Weidner N (2014) *Innovationsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in der Metropolregion Stuttgart; IHK-Studie*. IHK Stuttgart, Stuttgart

# **They Not Only Live Once – Towards Product-Service Systems for Repurposed Electric Vehicle Batteries**

**Sebastian Bräuer<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Westfälische Wilhelms-Universität Münster, European Research Center for Information Systems (ERCIS), [sebastian.braeuer@ercis.uni-muenster.de](mailto:sebastian.braeuer@ercis.uni-muenster.de)

## **Abstract**

Today, two central issues interfere with a widespread use of electric vehicles (EVs): a limited convenience in terms of range and refueling as well as high costs. The expensive battery technology causes the better part of these costs. However, after about 8 to 10 years of operation and 120.000 driven kilometers, battery degradation leads to a reduced range and decreased acceleration. The battery should then be replaced. Repurposing and further using these batteries in less demanding applications forms a new source of income and might lower the costs of EVs. Despite suggestions for second life applications, the establishment of mature business models is still a long way off. One cause lies in the customers' uncertainty concerning the quality of repurposed electric vehicle batteries (EVBs). In this work, we suggest the design of product-service systems (PSS) to counter this uncertainty. We perform a literature review to identify central activities, actors, as well as challenges that shape an EVB's life cycle. Focusing on challenges that affect the customers' perception of an EVB's quality, we suggest examples for services and further PSS building blocks to address these challenges.

## **1 Electric Vehicle Batteries Not Only Live Once**

In terms of environmental sustainability, a major challenge of today's society lies in the transformation of private transportation. According to the European Commission, light-duty vehicles (i.e., passenger cars and vans) cause around 15% of EU's emissions of CO<sub>2</sub> (European Commission 2015). Instead of powering a vehicle with gasoline, alternative propulsion such as fuel cells or electric vehicle batteries (EVBs) propose a sustainable private transportation.

Two central issues currently interfere with a widespread adoption and use of EVs. First, available EVs cannot compete with the convenience provided by traditional vehicles in terms of range and time required for refueling or recharging (King u. a. 2014). A fragmentary charging infrastructure and incompatible charging standards further impair the mobility (Nationale Plattform Elektromobilität 2014). Second, EVs are subject to high initial costs. Currently, the e-Golf is more than 10,000 EUR (about 30%) more expensive than a golf with a combustion engine and similar power (Volkswagen AG 2015a; Volkswagen AG 2015b).

Despite significantly declined costs for electric vehicle batteries (from more than 1,000\$ per kWh in 2007 to around 300\$ per kWh in 2014 (Nykqvist und Nilsson 2015)), the EV's expensive battery still causes a great deal of these costs. However, after about 8 to 10 years of operation and at least 120.000 driven kilometers, degradation of the battery by time and use lead to a reduced maximum range and a decreased acceleration (Ahmadi u. a. 2014a; BMW AG 2015). For restoring the driving experience, car manufacturers then recommend a battery replacement.

Researchers and practitioners have discovered that although degraded batteries might not be any more suitable for a demanding automotive use, a repurposing of the batteries and a further use in a less demanding second life application are still possible (Cready u. a. 2003; Narula u. a. 2011; Ahmadi u. a. 2015). Such a second life not only extends the life span of an EVB and thus distributes the high initial cost over a far longer operation time. It might also lead to guaranteed additional revenues and thus a reduced selling price of EVs (Elkind 2014). Some automotive manufacturers already explore the marketability of according solutions (Gohla-Neudecker u. a. 2015).

Despite diverse suggestions for second life applications, the establishment of mature business models for used EVBs or even a market for trading the batteries are still a long way off. In a recent study, used EVBs as goods and potential market forms for used batteries have been analyzed (Klör u. a. 2015). Following Akerlof's lemon market theory (Akerlof 1970), the results show that used EVBs are goods with significant hidden characteristics. This results in an asymmetric distribution of information between the seller of a used battery and a potential buyer concerning the quality of used EVBs. Consequently, without proper measures to counter the effects of quality uncertainty, business models and markets for used EVBs are likely to fail.

Developing new service models for used EVBs (Bowler 2014) and embedding them in the form of product-service systems (PSS) is a promising approach to address the issue of quality uncertainty. However, due to their labeling as hazardous goods and the required technical skills and equipment for their handling (Klör u. a. 2014; Ahmadi u. a. 2014b), EVBs impose a huge amount of requirements on services and thus PSS in their second life. Unfortunately, most research solely addresses the economic feasibility of repurposed EVBs by comparing the repurposing costs with potential earnings generated by the repurposed battery's operation in its second life (Cready u. a. 2003; Heymans u. a. 2014). However, complementary customer-focused services are not analyzed.

The present paper's objective is to provide first steps towards the design of PSS that integrate repurposed electric vehicle batteries and accompanying services and thus improve the customers' perception of a used EVB's quality. With its two cascaded life cycles (Ahmadi u. a. 2015) and its specific properties such as its potential marketability as single components, options for a feasible reconfiguration from several used batteries, but also its hidden characteristics, its labelling as a dangerous good, and the current low state of knowledge in general public, an EVB is unlike any other good. Therefore, based on the guidelines of Webster and Watson (2002) and vom Brocke et al. (2009), we perform a structured literature review to synthesize existing EVB domain knowledge and identify central activities, actors, and their roles, as well as challenges that shape an EVB's life cycle and thus effect the second life of a repurposed EVB. We then identify those challenges that directly affect the customer's perception of an EVB's quality and suggest examples for customer-focused services and further PSS building blocks to address these challenges. Consequently, we answer the following research questions: *What activities, actors, and challenges shape an EVB's life cycle? How can those challenges that directly affect the customers' perception of a used and repurposed EVB's quality be addressed by offering product-service systems?*



Considering an expected scale of some hundred thousand available EVBs for a repurposing world-wide per year from the mid 2020's, only a decent support by information systems can enable efficient processes<sup>1</sup>. As proposed by theory (Beverungen u. a. 2015), information systems can support the complex matching of used EVBs to second life applications. Moreover, they can facilitate the configuration of PSS, which build on individually aged batteries and individual application scenarios. With this paper we deliver insights into the overlap of the EVB domain and PSS as area of research. These insights help to inform and constrain the design and development of IT artifacts that are required for supporting the configuration of EVB-based PSS.

The remainder of this paper is structured as follows. In Section 2, we shortly review research on PSS and investigate options for an EVB's second life. In section 3, the literature review as a research method is presented. Section 4 contains the research results as well as an outline of the customer challenges and examples of PSS building blocks to address them. Section 5 concludes the paper.

## 2 Research Background

### 2.1 Product-Service Systems

A dynamic global market and countries with low labor costs increasingly challenge traditional manufacturers (Bullinger u. a. 2003; Baines u. a. 2009). As a countermeasure and in addition to product innovation and process improvement, manufacturers are undergoing a servitization by extending their products' functionalities with additional services (Baines u. a. 2009; Lockett u. a. 2011). Instead of solely selling the product, companies are offering integrated bundles of products and services that aim at specific customer problems and ideally span the whole life cycle of the product (Aurich u. a. 2006). These integrated solutions are called product-service systems (PSS). PSS as holistic systems not only consist of products and services but also of supporting networks and infrastructures (Durugbo u. a. 2011). All these constituents are jointly capable of fulfilling customer demands and thus provide an added value (United Nations Environment Programme). PSS promise benefits for manufacturers as well as customers. Services have higher profit margins and can guarantee more stable revenues (Cavalieri und Pezzotta 2012). Furthermore, a PSS forms a unique selling proposition and is a mean to gain competitive advantage (Bullinger u. a. 2003).

Three different PSS-based business model categories exist: product-oriented, use-oriented, and result-oriented business models with decreasing relevance of the product as the core component of the PSS (Tukker und Tischner 2006). In case of *product-oriented business models* a provider sells the product and offers additional services that accompany the life cycle of the product. In *use-oriented business models*, the provider remains the owner of the product and leases (unlimited access for customer) or rents (limited shared access for customer) the product to the customer. Additionally, the provider might also pool the product for a simultaneous use of several customers. In all cases, the provider has to ensure the operational readiness of the product and thus assumes responsibility for maintaining, repairing, or replacing the product in case of malfunction. Finally, in *result-oriented business models* the provider takes over the whole service from the customer and guarantees a certain performance level respectively a specific functional result.

For engineering PSS a plethora of development process models (e.g., waterfall model or V-model), engineering process models (e.g., MePSS or Fraunhofer IAO's New Service Development) and

---

<sup>1</sup> The estimation bases on forecasted BEV sales of around 430,000 units in 2015 worldwide. After about 8 to 10 years of operation, these EVs will need a battery replacement in the mid 2020's (Shahan 2015).

methods adopted from other disciplines (e.g. Quality Function Deployment or TRIZ) have been proposed (Cavalieri und Pezzotta 2012). In this work, we build on a system theory view on PSS. Following Cavalieri and Pezzotta a PSS bases on the following fundamental elements (2012):

1. *Entities* are on the one hand the tangible and intangible components of the PSS, i.e. the integrated products and services. On the other hand, the term entity refers to the networks of participants collaborating for fulfilling the customer needs as well as to the supporting infrastructure.
2. The *life cycle* of the core product determines the constituents of the PSS. Ideally, the PSS spans the whole life cycle and thus ensures the involvement of the provider in all phases.
3. *Actors* and their roles during the life cycle of a PSS need to be documented. Besides actors along the value chain, also society and environment that influence the PSS ecosystem, e.g. by laws and regulations, have an impact on a PSS.

## 2.2 Options for an Electric Vehicle Battery's Second Life

Although aged EVBs are no longer suitable for a demanding automotive use, academics and practitioners agree that a repurposing and a further use of the batteries are still possible in less demanding second life applications (Cready u. a. 2003; Burke 2009; Narula u. a. 2011; Elkind 2014; Ahmadi u. a. 2015). EVBs can be repurposed for stationary and mobile applications. Most research about *stationary* second life application deals with how used EVBs that are converted to energy storage systems (ESS) can support respectively relieve the public grid (Cready u. a. 2003; Narula u. a. 2011; Knowles und Morris 2014; Heymans u. a. 2014; Luo u. a. 2015). In contrast to this, *mobile* second life applications are far less explored (Siret u. a. 2014; Batteryuniversity.com 2015). Here, the repurposing of EVBs for an application in less demanding vehicles (i.e. light electric vehicles, LEV) (Williams und Lipman 2011), such as electric scooters, floor-borne vehicles, or power tools is analyzed. However, strong statutory requirements impede according research.

Matching a used EVB with a second life application is a complex decision problem. It not only requires specific equipment and test procedures (Burke 2009; Ahmadi u. a. 2014a), but should also be supported by suitable information systems (Beverungen u. a. 2015). The complexity originates from the first automotive life of an EVB. Here, differing driving and charging profiles, environmental conditions, and operating times lead to individually aged batteries. Depending on the usage history in their first life and the stress the EVBs are exposed to in their second life (Williams 2012; Neubauer u. a. 2015a), the batteries' performance curve might decline steadily over several years or might drop abruptly within a few months to performance levels where an operation is not any more economical feasible or safe. Consequently, a battery's suitability for a second life application has to be determined individually for each battery by considering the usage data for gaining reliable estimations (Lih u. a. 2012a; Gohla-Neudecker u. a. 2015).

Usage data and the battery's current performance level are typically documented in the BMS or the EV's board computer in an encrypted form and might be read out via proprietary interfaces that can currently only be accessed by car manufacturers and official service providers (Ahmadi u. a. 2014b; Klör u. a. 2015; Neubauer u. a. 2015a). Alternatively, manual testing procedures allow to determine an EVB's performance level and might be carried out by personnel with special high-voltage training and suitable equipment. However, with the manual approach it is not feasible to test high numbers of batteries (Cready u. a. 2003; Neubauer u. a. 2015a). As a consequence, the most likely market forms of the near future are a closed or an intermediary-based market where the car or

battery manufacturer or an authorized intermediary are responsible for repurposing EVBs and assigning them to second life applications (Klör u. a. 2015).

### 3 Research Method

The paper's objective is to provide first steps towards the design of PSS that base on used, repurposed EVBs. To this day, the role of customer-focused services that complement a repurposed EVB in its second life is unexplored. We set out to change this by identifying central phases of an EVB's life cycle, by elaborating on major actors, their roles, and challenges they face, and by deriving potential second life customer services from these results.

For this purpose, we have conducted a literature-based analysis that builds on the approaches for systematic literature reviews as proposed by Webster and Watson (2002) and vom Brocke et al. (2009). The findings serve as a basis for identifying service potentials and for determining dependencies between specific product properties and services that potentially constitute PSS for used EVBs. The literature review focuses on central contributions in the domain of EVBs that address their repurposing and further use. Alternative end of life strategies like remanufacturing or reusing EVBs are not considered (Ramoni und Zhang 2013). The same holds for the recycling of EVBs, which forms a vast topic on its own.

The following search string bases on two parts, the EVB as the central object of interest and the limiting to the second life of these batteries. It contains several synonyms that we identified during earlier search processes as well as expert interviews.

*((*"electric vehicle batteries"* OR *"electric car batteries"* OR *"EVB"*) AND (*"second life"* OR *"second use"* OR *"further use"* OR *"repurposing"* OR *"refurbishing"*))*

The literature search covers the databases Google Scholar and Elsevier Scopus. Table 1 provides additional details. The review process consisted of two steps. As a first step, thematically unfitting contributions were sorted out by screening their titles, abstracts, and keywords. Afterward, the cleansed result set was analyzed on the basis of the contributions' full texts.

Database	Search parameters	Restrictions	Language	Last update
Google Scholar	Full text	No patents No citations	English, German	2015-09-24
Elsevier Scopus	All	-	English, German	2015-09-24

Table 1: Search configuration

## 4 Designing Product-Service Systems for Repurposed EVBs

### 4.1 Factors Shaping an EVB's Life Cycle

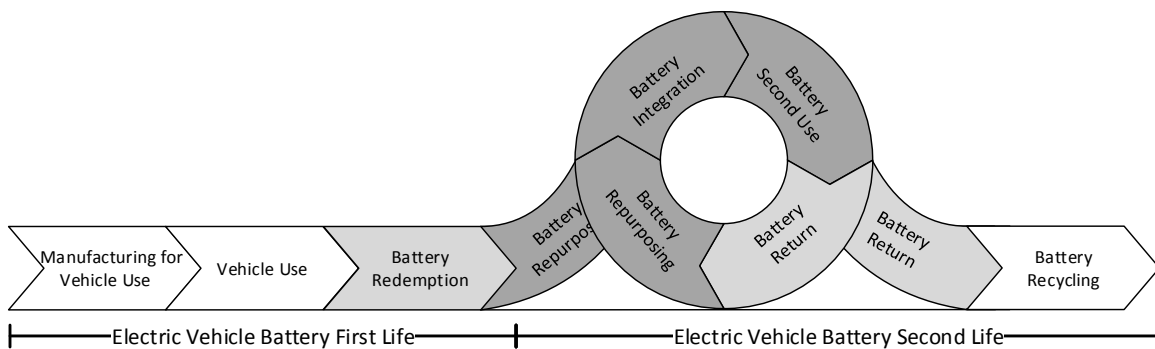
As documented in Table 2, the original search result set contained 439 results that finally lead to 30 unique, relevant hits. For structuring these contributions, we adapt the battery life cycle model as proposed by (Gohla-Neudecker u. a. 2015) (see Figure 1). Thereby, we focus on the five life cycle phases that start with *battery redemption* and end with *battery return*. Table 3 contains an overview of the results from the literature review. Its structure originates from the fundamental elements of a

system perspective on PSS (Cavalieri und Pezzotta 2012): the core product's life cycle, activities and challenges later to be addressed by entities, as well as actors and their roles.

Database	Number of hits	Doublets	After screening	No access	Relevant hits
Google Scholar	333	2	75	2	29
Scopus	106	1	44	5	11
Total unique hits					30

**Table 2: Search results**

A battery's first life consists of the manufacturing of the battery, its operation in the vehicle, and its redemption. *Battery redemption* forms a gateway to a battery's second life. A customer brings an EV to a car dealership or a workshop because it is performing below the owner's expectations (Cready u. a. 2003; Sathre u. a. 2015). Here, the EV's battery needs to be identified, the battery's warranty status (battery warranty performance criteria) or customer's contract status (performance criteria in leasing contract) needs to be checked (Neubauer u. a. 2015b), and the battery's actual overall performance needs to be assessed, preferably by accessing onboard diagnostic data from the EV (Ahmadi u. a. 2014b; Monhof u. a. 2015; Neubauer u. a. 2015a). If onboard diagnostic data cannot be accessed, the data level of detail does not allow a reliable identification of a fault, further performance tests need to be executed, or the battery needs to be replaced, a technician with high-voltage qualification removes the battery from the EV. Afterwards, a suitable end of life (EOL) strategy (e.g., repurposing and further use, remanufacturing and reuse, or recycling (Ramoni und Zhang 2013)) needs to be determined and a technician stores the battery for further processing.



**Figure 1: EVB life cycle model, adapted from (Gohla-Neudecker u. a. 2015)**

The battery's second life starts after deciding in favor of the repurposing and further use. In the *battery repurposing* phase, a qualified logistician collects the batteries from the car dealers or workshops (Sathre u. a. 2015). At the repurposing facility, technicians visually examine and pre-sort the EVBs (e.g., according to battery types, chemistries, visual damages) (Cready u. a. 2003; Ahmadi 2014). Afterwards, a high-voltage qualified technician needs to disassemble the battery systems (typically down to the level of modules), test the modules for degradation and failure, and determine a suitable second life application (Ahmadi u. a. 2014b). Depending on the targeted application, the re-assembly includes the identification of reusable components from the original battery systems, the selection of new components, and the installation of new control and communication hardware and safety mechanisms (Cready u. a. 2003; Lih u. a. 2012a; Guo 2014; Ahmadi u. a. 2014b; Gohla-Neudecker u. a. 2015). Battery repurposing ends with a final inspection

of the battery system, an optional certification, and its storage (Canals Casals u. a. 2014; Elkind 2014; Ahmadi u. a. 2014b).

LC	Activities	Actors:Roles	Challenges	Sources
<b>Battery Redemption</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVB identification</li> <li>• Warranty/ contract check</li> <li>• EVB performance assessment</li> <li>• EVB buy-down</li> <li>• EOL strategy decision</li> <li>• Removal from EV</li> <li>• Storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First life customer</li> <li>• Car dealer/ Workshop: repair service, technician, high-voltage qualified person</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unambiguous battery identification</li> <li>• Availability and accessibility of onboard diagnostic data (e.g. via CAN)</li> <li>• Data level of detail (cell, module, pack)</li> </ul>	(Cready u. a. 2003) (Sathre u. a. 2015) (Neubauer u. a. 2015a) (Neubauer u. a. 2015b) (Ahmadi u. a. 2014b) (Monhof u. a. 2015)
<b>Battery Repurposing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collection / transportation</li> <li>• Visual examination and pre-sorting</li> <li>• Disassembly</li> <li>• Tests for performance classification</li> <li>• Sorting</li> <li>• Second life decision</li> <li>• Check for reusable components</li> <li>• Selection of new components</li> <li>• Re-assembly</li> <li>• Installation of new BMS, communication, control, safety system</li> <li>• Final inspection (including certification)</li> <li>• Storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repurposer: technician, high-voltage qualified person, assembler, electrical engineer</li> <li>• Second life customer</li> <li>• Testing authorities</li> <li>• Logistician</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Availability of lifetime operational history and current status data</li> <li>• Missing algorithmic/ data standards</li> <li>• Missing standardization of cells and modules in types, sizes, and performance</li> <li>• Non-standardized sensors</li> <li>• Lack of plug and play functionality for BMS</li> <li>• Sealing of packs and modules, components welded together</li> <li>• Requirement for proprietary equipment</li> <li>• Accurate and reliable tests time-consuming and costly</li> <li>• Each second life application has unique requirements</li> <li>• Unclear liability models and missing safety and performance standards</li> </ul>	(Cready u. a. 2003) (Ahmadi 2014) (Ahmadi u. a. 2014b) (Ahmadi u. a. 2015) (Neubauer u. a. 2015a) (Lih u. a. 2012b) (Zhang u. a. 2014) (Gohla-Neudecker u. a. 2015) (Canals Casals u. a. 2014) (Narula u. a. 2011) (Klör u. a. 2015) (Neubauer u. a. 2012) (Williams 2012) (Elkind 2014) (Foster u. a. 2014) (Guo 2014)
<b>Battery Integration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportation</li> <li>• Site or system preparation</li> <li>• Integration</li> <li>• Testing</li> <li>• Start-up and adaptation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Second life customer</li> <li>• Repurposer/ service provider: electrical engineer</li> <li>• Competent authorities</li> <li>• Logistician</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• With system size safety requirements (siting, fire and voltage protection) increase</li> <li>• Use as ESS: Optimization process complex due to manifold parameters</li> </ul>	(Cready u. a. 2003) (Heymans u. a. 2014) (Sathre u. a. 2015) (Guo 2014)
<b>Battery Second Use</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use</li> <li>• Routine and unscheduled maintenance</li> <li>• Repair</li> <li>• Replacement</li> <li>• (Periodic) monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Second life customer</li> <li>• Repurposer/ service provider: technician, high-voltage qualified person, electrical engineer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High uncertainty of battery performance, aging, and lack of experience</li> <li>• Competition from cheap new batteries</li> <li>• BMS' powerfulness vs. costs</li> <li>• Not easily monitored and controlled by everyone</li> <li>• Might require adaptation of customer behavior patterns</li> <li>• Use as ESS: Risk of volatile earnings; complex regulations involving electric utilities</li> </ul>	(Xie u. a. 2015) (Cready u. a. 2003) (Williams 2012) (Lih u. a. 2012a) (Anuta u. a. 2014) (Klör u. a. 2015) (Elkind 2014)
<b>Battery Return</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deconstruction</li> <li>• Visual examination</li> <li>• Reverse logistics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Second life customer</li> <li>• Repurposer/ recycler</li> <li>• Logistician</li> <li>• Competent authorities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classification as hazardous materials vs. hazardous waste</li> <li>• Vast legal regulations for shipment</li> </ul>	(Narula u. a. 2011) (Klör u. a. 2015)

**Table 3: Examination of search results – EVB life cycle-specific activities, actors, and challenges**

The activities of the *battery integration* stage are performed either on-site (stationary applications) or where the target system is manufactured respectively assembled (mobile applications). As a first step, the targeted site (e.g., concrete basement) or target system are prepared (Heymans u. a. 2014). Afterwards, the repurposed battery system is integrated into an existing system or infrastructure and the battery's technical components, such as the BMS or the thermo-system, are configured in

accordance with the system's environment. Furthermore, additional components such as relays, sensors, ac-dc converters, and fuses might be installed (Bowler 2014). Moreover, an inspecting authority might need to attest safety and proper operation. Finally, for an optimized operation, the battery system's usage profile (e.g., charging and discharging cycles, depth of discharge etc.) have to be adapted to the environment (e.g., prices for energy sold to a grid operator) (Guo 2014).

Although the BMS ensures a safe operation and monitors system data (Ahmadi 2014), the battery system's complexity and its characterization as a hazardous good still demand a regular monitoring by experts (Lih u. a. 2012a). Especially in case of large stationary systems, maintenance activities (routine and unscheduled) need to be carried out and repairs or replacements (Cready u. a. 2003; Williams 2012; Heymans u. a. 2014) might be required over an expected operation time of additional 5 to 10 years (Ahmadi u. a. 2014a; Gohla-Neudecker u. a. 2015; Neubauer u. a. 2015b).

In Germany and other European countries, returning used batteries to their vendors or public waste management services is regulated by law (e.g., Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council; §§5 (1), 13 (1) BattG). *Battery return* involves the deconstruction of the battery system and preparation for shipment (including a visual examination) (Narula u. a. 2011; Klör u. a. 2015). Additionally, it might be beneficial to perform a check-up for testing the battery's suitability for another even less demanding application. If the battery is deemed suitable for another use, the value chain continues again with the battery's repurposing. Otherwise, the battery is forwarded to the recycling facility. During *battery recycling* the battery is disassembled, reusable parts are separated, and the battery (pack, modules, and cells) are given over to a hydrometallurgical or pyrometallurgical recycling process (Hendrickson u. a. 2015; Richa u. a. 2015).

#### 4.2 Addressing Customer Challenges with exemplary PSS Building Blocks

As depicted by the literature review, the second life of an EVB relies on complex processes that currently force vendors as well as customers to face manifold challenges. For the vendor site, recommendations exist, about how some of the technical challenges can be addressed. Researchers suggest the standardization of battery components (Cready u. a. 2003; Lih u. a. 2012a), the incorporation of principles of "design for disassembly" (Ahmadi u. a. 2015, 11), more sophisticated data collection and sharing among OEM and downstream institutions about the battery's first life (Neubauer u. a. 2015a), the establishment of safety and performance standards for repurposed EVBs (Elkind 2014), and the clarification of liability models for repurposed batteries (Elkind 2014).

However, there is a lack of contributions that address challenges on the customer site. On the basis of this literature review and our further research, we have identified four major challenges that directly affect the customer and need to be addressed by a vendor of repurposed EVBs:

1. Reduce the customer's risk of acquiring a used electric vehicle battery
2. Afford the customer a smooth start-up, a safe operation, and appropriate battery return
3. Improve the customer's cost-performance ratio (optional)
4. Enhance the customer's product experience (optional)

These challenges cannot be addressed by solely offering the repurposed EVB as a product (Cready u. a. 2003). Instead, integrated solutions consisting of tangible and intangible components need to be designed and offered to the customer. PSS allow to do just that. In the following, we suggest additional customer-focused services for the EVB's life cycle between battery repurposing and battery return. Moreover, we sketch likely requirements and dependencies.

The first challenge arises from the uncertainty of the used battery's performance in its first life, of its actual status as well as of its future aging (Cready u. a. 2003; Lih u. a. 2012a; Ahmadi u. a. 2014b). This uncertainty affects the vendor as well as the customer. On the one hand, a vendor has to ponder whether more reliable information about a battery's future life is worth expensive tests during the repurposing (Cready u. a. 2003; Neubauer u. a. 2015a). On the other hand, due to the batteries hidden characteristics, the vendor needs to signal the battery's quality so that the customer is willing to buy it (Klör u. a. 2015). Warranties and similar measures are a condition precedent for marketing used EVBs: "Simply put: no warranties, no sales." (Cready u. a. 2003, 68). However, without detailed battery status and usage data, the offering of according warranties is a lottery and not economical feasible. Without according information, use-oriented or result-oriented business models might be an option to market affected batteries. Here, the vendor takes the risk of a proper operation and the replacement of components. A modular design and easy-to-exchange components help to narrow the vendor's maintenance and replacement costs (e.g., "design for disassembly" as depicted by Ahmadi et al. (2014b)). The same holds for batteries that are known to tend to failures or an accelerated aging. With available information and experience about the battery's further degradation in the particular application, the vendor can issue performance guarantees and thus signal trust in the product (Klör u. a. 2015). In this case, the battery also qualifies for a product-oriented business model. For verifying the battery's operation according to the warranty conditions or terms of contract, the vendor might need to install extended data logging mechanisms, which likely go along with expenses for additional sensors, a more powerful BMS, and data storage.

Second, the vendor has to ensure that the customer can properly and safely operate the repurposed battery. To be taken security measures depend on the size and performance of the battery system, the installation site or environment, as well as the particular application (Heymans u. a. 2014). Operating large lithium-ion-based battery systems entails a plethora of guidelines and legal requirements<sup>2</sup>. The vendor can provide advice or support, but might also need to enforce legal compliance. For the operation, the vendor can offer different support and maintenance contracts. Integrating more sophisticated battery management and control systems is likely a precondition for enhanced services (e.g., remote support), or might also substitute expensive on-site services (e.g., remote diagnostics, remote maintenance). Additional services to address this challenge might be referred to as "revalorization services" (Mont 2002, 241). They for instance comprise the legally binding redemption of the battery system and the re-utilization of usable parts in new offerings for this customer (e.g., casing, climate control, BMS).

Although we marked the third and fourth challenge as optional, they are motivated by an important aspect: the perceived value of the used EVB (Cready u. a. 2003). From our point of view, the perceived value can be addressed by raising the customer's cost-performance ratio (functional value [price/value for money] [performance/quality]) or by enhancing the 'product experience' (emotional value and social value) (Sweeney und Soutar 2001)<sup>3</sup>. A higher perceived value can lead to an increase in the customer's willingness to pay and a decrease in the customer's expectation of problems (Sweeney und Soutar 2001).

For addressing the used EVB's functional value, the vendor can offer a (long-term) funding (only for the product-oriented business model) or provide support for the requesting of aid money (Elkind

---

<sup>2</sup> For Germany, some requirements are specified in the accompanying documents of the "photovoltaic battery storage passport". The documents have been issued by the Central Association of German Electrical and Information Technology Crafts (ZVEH) (Bundesverband Solarwirtschaft 2014).

<sup>3</sup> The concept of consumer perceived value is discussed in literature and needs to be distinguished from the construct of customer satisfaction. For details, see (Sweeney und Soutar 2001; Eggert und Ulaga 2002).

2014; Heymans u. a. 2014). If the customer operates an ESS for providing grid services, the vendor might also guarantee an energy feed-in tariff or pool several customers, so that they can meet power and energy capacity requirements to participate in a bidding (Anuta u. a. 2014). Additionally, for increasing the battery system's performance, the vendor can collect usage and status data and educate a customer in the proper use of the system. According offerings can be conducted in the form of (on-site) seminars, which demands data collection and analysis from the vendor. Alternatively, the battery system itself recommends actions and behaviors on an installed display, without the need to spread this sensitive data. Additionally, the vendor could also equip the battery system with additional computation modules that allow to utilize external data sources or sensor data (e.g., weather forecast, brightness, electricity tariff) to adapt the system to external influences.

For enhancing the customer experience, the vendor can provide a platform that allows the customer to (remotely) access the battery system's operation history and actual status. The platform could offer basic dashboard functionalities (visualize energy consumption, avoided CO<sub>2</sub> emissions, etc. (Kyocera 2015)), eco-gamification elements (earning of points for environmentally-aware behavior (Yen 2015)) or reference values (comparison to similar households).

## 5 Conclusion and Outlook

The paper's objective was to provide first steps towards the design of PSS that base on used, repurposed electric vehicle batteries. For this purpose, we have performed a structured literature review and identified central activities, actors, and challenges along an EVB's life cycle. We have then identified crucial challenges that affect customers of repurposed EVBs, especially in their perception of a used EVB's quality. The challenges relate to the customers' risk of acquiring a used EVB, the securing of a proper operation, the improvement of the customers' cost-performance ratio, and the enhancement of the customers' 'product experience'. We have suggested that PSSs form a suitable way to address these challenges, and we have exemplarily sketched customer-focused services as well as involved requirements and dependencies as possible building blocks for PSS.

Our research has some limitations and forms only a first step towards the design and offering of PSS for repurposed EVBs. Especially for the battery's second life, specific applications such as an operation as an energy storage system need to be analyzed in detail. Since lithium-ion-based ESS with new batteries are already marketed, we suppose to find further information about customer-focused services in this domain. Additionally, specific application scenarios for ESS that consist of used EVBs and potential groups of customers need to be further analyzed, since the requirements towards the ESS and thus the PSS are clearly affected by both. Moreover, the vast topic of battery return and recycling was only slightly addressed in this work.

Finally, dependencies between components of a PSS were only briefly addressed in this work. Due to their aging and usage history in their first life, each used battery forms a highly individual good with various properties and characteristics that possibly require or forbid specific services or additional components. Further dependencies arise from a specific second use application as well as the targeted business model. The outcome of this is a huge amount of dependencies between tangible and intangible components, the battery's status, the targeted second use application, and the business model that need to be documented and transformed into a network of decision rules. Evaluating such a network of rules in an efficient manner to design appropriate PSS for repurposed EVBs will require a sophisticated IT support. Developing such a rule-based system that supports the design and configuration of PSS for repurposed EVBs is one of our ultimate goals.



## 6 Literature

- Ahmadi L (2014) Cascaded Use and Sustainable Management of Lithium-ion Batteries in Mobility and Stationary Power. Master Thesis, University of Waterloo.
- Ahmadi L, Fowler M, Young SB, et al (2014a) Energy efficiency of Li-ion battery packs re-used in stationary power applications. *Sustain Energy Technol Assessments* 8:9–17.
- Ahmadi L, Yip A, Fowler M, et al (2014b) Environmental feasibility of re-use of electric vehicle batteries. *Sustain Energy Technol Assessments* 6:64–74.
- Ahmadi L, Young SB, Fowler M, et al (2015) A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. *Int J Life Cycle Assess* 1–14.
- Akerlof G (1970) The Market for „Lemons“: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *Q J Econ* 84:488–500.
- Anuta OH, Taylor P, Jones D, et al (2014) An international review of the implications of regulatory and electricity market structures on the emergence of grid scale electricity storage. *Renew Sustain Energy Rev* 38:489–508.
- Aurich JC, Fuchs C, Wagenknecht C (2006) Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems. *J Clean Prod* 14:1480–1494.
- Baines TS, Braganza A, Kingston J, et al (2009) State-of-the-art in product service-systems. *Proc Inst Mech Eng Part B J Eng Manuf* 221:1543–1552.
- Batteryuniversity.com (2015) BU-1201: Hybrid Electric Vehicle – Battery University. [http://batteryuniversity.com/learn/article/hybrid\\_electric\\_vehicle](http://batteryuniversity.com/learn/article/hybrid_electric_vehicle). Accessed 16 Apr 2015.
- Beverungen D, Klör B, Bräuer S, Monhof M (2015) Will They Die Another Day? A Decision Support Perspective on Reusing Electric Vehicle Batteries. In: *Proceedings of the Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*. Münster.
- BMW AG (2015) An Electrifying Driving Experience. Emission-free drive for urban mobility. <http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/i/i3/2013/showroom/drive.html>. Accessed 25 Sep 2015.
- Bowler M (2014) Battery Second Use: A Framework for Evaluating the Combination of Two Value Chains. Dissertation, Clemson University.
- Bullinger HJ, Fähnrich KP, Meiren T (2003) Service engineering - Methodical development of new service products. *Int J Prod Econ* 85:275–287.
- Bundesverband Solarwirtschaft (2014) Der Photovoltaik-Speicherpass. <http://www.photovoltaik-anlagenpass.de/der-speicherpass/>. Accessed 1 Dez 2015.
- Burke A (2009) Performance, Charging, and Second-use Considerations for Lithium Batteries for Plug-in Electric Vehicles. California.
- Canals Casals L, Amante García B, González Benítez M (2014) A Cost Analysis of Electric Vehicle Batteries Second Life Businesses. In: *18th International Congress on Project Management and Engineering*. Alcañiz.
- Cavalieri S, Pezzotta G (2012) Product-service systems engineering: State of the art and research challenges. *Comput Ind* 63:278–288.
- Cready E, Lippert J, Pihl J, et al (2003) Final Report Technical and Economic Feasibility of Applying Used EV Batteries in Stationary Applications A Study for the DOE Energy Storage Systems Program. Albuquerque, New Mexico.
- Durugbo C, Tiwari A, Alcock JR (2011) A review of information flow diagrammatic models for product-service systems. *Int J Adv Manuf Technol* 52:1193–1208.
- Eggert A, Ulaga W (2002) Customer perceived value: a substitute for satisfaction in business markets? *J Bus Industrial Mark* 17:107–118.
- Elkind EN (2014) Reuse and Repower - How to Save Money and Clean the Grid with Second-Life Electric Vehicle Batteries. Los Angeles.
- European Commission (2015) Road transport: Reducing CO2 emissions from vehicles. [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm). Accessed 25 Sep 2015.
- Foster M, Isely P, Standridge CR, Hasan MM (2014) Feasibility assessment of remanufacturing, repurposing, and recycling of end of vehicle application lithium-ion batteries. *J Ind Eng Manag* 7:698–715.
- Gohla-Neudecker B, Bowler M, Mohr S (2015) Battery 2nd Life : Leveraging the Sustainability Potential of EVs and Renewable Energy Grid Integration. In: *International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*. Taormina.
- Guo F (2014) Integrating Retired Electric Vehicle Batteries With Photovoltaics in Microgrids. Dissertation, Ohio State University.
- Hendrickson TP, Kavvada O, Shah N, et al (2015) Life-cycle implications and supply chain logistics of electric vehicle battery recycling in California.
- Heymans C, Walker SB, Young SB, Fowler M (2014) Economic analysis of second use electric vehicle batteries for residential energy storage and load-levelling. *Energy Policy* 71:22–30.
- King C, Griggs W, Wirth F, et al (2014) Alleviating a form of electric vehicle range anxiety through on-demand vehicle access. *Int J Control* 88:717–728.
- Klör B, Beverungen D, Bräuer S, et al (2015) A Market for Trading Used Electric Vehicle Batteries - Theoretical Foundations and Informations Systems. In: *Proceedings of the Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*. Münster.
- Klör B, Bräuer S, Beverungen D (2014) A Business Process Model for the Reverse Logistics of Used Electric Vehicle Batteries. In: *Proceedings of the 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik*. Stuttgart.
- Knowles M, Morris A (2014) Impact of Second Life Electric Vehicle Batteries on the Viability of Renewable Energy Sources. *Br J Appl Sci Technol* 4:152–167.

- Kyocera (2015) Kyocera, Energetik und Solare Datensysteme to Launch Energy Storage Solution in Germany. [http://global.kyocera.com/news/2015/0302\\_less.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0302_less.html). Accessed 1 Dez 2015.
- Lih W-C, Yen J-H, Shieh F-H, Liao Y-M (2012a) Second Use of Retired Lithium-ion Battery Packs from Electric Vehicles: Technological Challenges, Cost Analysis and Optimal Business Model. In: International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C).
- Lih W-C, Yen J-H, Shieh F-H, Liao Y-M (2012b) Second-use Applications of Lithium-ion Batteries Retired from Electric Vehicles: Challenges, Repurposing Process, Cost Analysis and Optimal Business Model. *Int J Adv Comput Technol* 4:518–527.
- Lockett HL, Johnson M, Bastl M, Evans S (2011) Product Service Systems and Supply Network Relationships: An Exploratory Case Study. *J Manuf Technol Manag* 22:293–313.
- Luo X, Wang J, Dooner M, Clarke J (2015) Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Appl Energy* 137:511–536.
- Monhof M, Beverungen D, Klör B, Beverungen D (2015) Extending Battery Management Systems for Making Informed Decisions on Battery Reuse. In: Tenth International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST). Dublin.
- Mont OK (2002) Clarifying the concept of product-service system. *J Clean Prod* 10:237–245.
- Narula CK, Martinez R, Onar O, et al (2011) Final Report - Economic Analysis of Deploying Used Batteries in Power Systems. Oak Ridge, Tennessee.
- Nationale Plattform Elektromobilität (2014) Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung. Berlin.
- Neubauer J, Smith K, Wood E, Pesaran A (2015a) Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries. Technical Report. National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado, USA
- Neubauer JS, Pesaran A, Williams B, et al (2012) A Techno-Economic Analysis of PEV Battery Second Use: Repurposed-Battery Selling Price and Commercial and Industrial End-User Value. Detroit, MI.
- Neubauer JS, Wood E, Pesaran A (2015b) A Second Life for Electric Vehicle Batteries: Answering Questions on Battery Degradation and Value. *SAE Int J Mater Manuf* 8:21–23.
- Nykqvist B, Nilsson M (2015) Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nat Clim Chang* 1–2.
- Ramoni MO, Zhang HC (2013) End-of-life (EOL) issues and options for electric vehicle batteries. *Clean Technol Environ Policy* 15:881–891.
- Richa K, Babbitt CW, Nenadic NG, Gaustad G (2015) Environmental trade-offs across cascading lithium-ion battery life cycles. *Int J Life Cycle Assess* 20:1–16.
- Sathre R, Scown CD, Kavvada O, Hendrickson TP (2015) Energy and climate effects of second-life use of electric vehicle batteries in California through 2050. *J Power Sources* 288:82–91.
- Shahan Z (2015) Electric Car Sales To Hit 1 Million In September. <http://evobsession.com/electric-car-sales-to-hit-1-million-in-september/>. Accessed 1 Dez 2015.
- Siret C, Yazicioglu B, Tytgat J, et al (2014) Title of the Study: High specific energy rechargeable batteries used as a main source of energy for mobile application – Definition of Scope, representative product and description of the model for the PEF screening study. Recharge - The European Association for Advanced Rechargeable Batteries, not specified.
- Sweeney JC, Soutar GN (2001) Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *J Retail* 77:203–220.
- Tukker A, Tischner U (2006) New business for old Europe: Product-Service Development, Competitiveness and Sustainability. Greenleaf, Sheffield.
- United Nations Environment Programme The Role of Product Service Systems in a Sustainable Society. <http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/design/pdf/pss-brochure-final.pdf>. Accessed 26 Sep 2015.
- Volkswagen AG (2015a) Der Golf. Technik und Preise. Gültig für das Modelljahr 2016. [http://www.volkswagen.de/content/medialib/vwd4/de/dialog/pdf/golf-edition/golf-edition\\_preisliste/\\_jcr\\_content/renditions/rendition.download\\_attachment.file/golf-edition\\_preisliste.pdf](http://www.volkswagen.de/content/medialib/vwd4/de/dialog/pdf/golf-edition/golf-edition_preisliste/_jcr_content/renditions/rendition.download_attachment.file/golf-edition_preisliste.pdf). Accessed 25 Sep 2015.
- Volkswagen AG (2015b) Der e-Golf. Technik und Preise. Gültig für das Modelljahr 2016. [http://www.volkswagen.de/content/medialib/vwd4/de/dialog/pdf/golf-a7/egolf\\_preisliste/\\_jcr\\_content/renditions/rendition.download\\_attachment.file/e-golf\\_preisliste.pdf](http://www.volkswagen.de/content/medialib/vwd4/de/dialog/pdf/golf-a7/egolf_preisliste/_jcr_content/renditions/rendition.download_attachment.file/e-golf_preisliste.pdf). Accessed 25 Sep 2015.
- vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, et al (2009) Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. In: 17th European Conference on Information Systems. Verona.
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Review. *MIS Q* 26:xiii–xxiii.
- Williams B (2012) Second Life for Plug-In Vehicle Batteries - Effect of Grid Energy Storage Value on Battery Lease Payments. *Transp Res Rec J Transp Res Board* 2287:64–71.
- Williams B, Lipman T (2011) Analysis of the Combined Vehicle - Use Value of Lithium-Ion Plug-In-Vehicle Propulsion Batteries - Task 3, Second Life Applications and Value of „Traction“ Lithium Batteries. University of California, Berkley - Transportation Sustainability Research Center, Technical Report. Berkley, California.
- Xie D, Chu H, Gu C, et al (2015) A Novel Dispatching Control Strategy for EVs Intelligent Integrated Stations. *IEEE Trans Smart Grid* 1–1.
- Yen M (2015) Eco-gamification: Game Changer for Sustainable Real Estate. <http://green-perspective.blogspot.de/2015/09/eco-gamification-game-changer-for.html>. Accessed 1 Dez 2015.
- Zhang C, Jiang J, Zhang W, et al (2014) A Novel Data-Driven Fast Capacity Estimation of Spent Electric Vehicle Lithium-ion Batteries. *Energies* 7:8076–8094.

# **IT-Kulturkonflikttheorie und ihre Bedeutung für erfolgreiches Service Systems Engineering - Fallstudie eines Einführungsprojektes für mobile Lernanwendungen in China (Extended Abstract)**

**Sissy-Josefina Ernst<sup>1</sup>, Andreas Janson<sup>1</sup>, Mahei Li<sup>1</sup>, Christoph Peters<sup>1,2</sup> und Matthias Söllner<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Universität Kassel, Fachgebiet Wirtschaftsinformatik, {sissy.ernst, andreas.janson, mahei.li, christoph.peters, soellner}@uni-kassel.de

<sup>2</sup> Universität St Gallen, Institut für Wirtschaftsinformatik, {christoph.peters, soellner}@unisg.ch

## **Abstract**

Mobiles Lernen ist eine Möglichkeit in Lernumgebungen, welche durch eine hohe Anzahl an Lernenden geprägt sind, praktische Trainings zu unterstützen. Bei der Einführung einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem sind die bestehenden Servicesystemkontexte zu berücksichtigen, da vorhandene Wertvorstellungen in Konflikt mit Werten, die dem neuen Service entgegengebracht werden, treten können. Um diesen Konflikten entgegenzutreten, werden im folgenden Beitrag unter Einbeziehen der IT-Kulturkonflikttheorie potentielle Systemkonflikte am Beispiel eines Einführungsprojekts einer mobilen Lernanwendung an chinesischen Berufsschulen identifiziert. Es wird aufgezeigt, wie die IT-Kulturkonflikttheorie bei der systematischen Gestaltung von Services von Nutzen sein kann und wie Services konform dem vorhandenen Servicesystem bereitgestellt werden können.

## **1 Zielsetzung**

Mobiles Lernen ermöglicht Lernenden sich über ihre mobilen Endgeräte durch das Abrufen von Daten und die Kommunikation über drahtlose Technologie mit Lernmaterialien auseinanderzusetzen und Wissen anzueignen. Es lässt neben dem orts- und zeitunabhängigen Lernen einen kontextsensitiven Kompetenzerwerb zu und ist somit eine vielversprechende Möglichkeit praktische Trainings in Lernumgebungen, welche durch eine hohe Anzahl an Lernenden geprägt sind, zu unterstützen. Bei der Einführung einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem sind bestehende Servicesystemkontexte zu berücksichtigen, da ohne die Berücksichtigung des Kontexts die Einführung innovativer IT Artefakte scheitern kann. Servicesysteme sind Systeme, die eine an einem Wertversprechen ausgerichtete interaktive Wertschöpfung durch eine Konfiguration von Akteuren und Ressourcen ermöglichen (Böhm et al. 2014). Wir ziehen für die Untersuchung die IT-Kulturkonflikttheorie heran, welche drei Konfliktarten voneinander

unterscheidet und besagt, dass die Bedeutung von Kultur in der Nutzung von IT nur bei Auftreten eines Wertekonflikts sichtbar wird (Leidner und Kayworth 2006). Hierbei treten vorhandene Wertvorstellungen in Konflikt mit Werten, die dem neuen Service entgegengebracht werden. Somit ermöglicht uns die IT-Kulturkonflikttheorie kulturelle Konflikte, welche entstehen wenn ein IT-Artefakt in ein bestehendes Servicesystem eingeführt wird, ganzheitlich und systematisch zu untersuchen. Dieses Forschungsvorhaben betrachtet im Folgenden ausschließlich den Systemkonflikt, da dieser in Einführungsprojekten nicht nutzerzentrierter Systeme vorherrscht (Leidner und Kayworth 2006). Durch das systematische Aufdecken von potentiellen Konflikten, kann die Akzeptanz gegenüber IT-Artefakten gestärkt und potentielle Nichtnutzung oder unvorhergesehene Nutzung entgegengewirkt werden (Leidner und Kayworth 2006; Koch et al. 2013).

Ziel dieses Beitrags ist die Entwicklung und Einführung einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem, welches im Kontext der beruflichen Aus- und Weiterbildung in China angesiedelt ist. Die daraus abgeleiteten Forschungsfragen (FF) lauten: (FF1) Welche Systemkonflikte entstehen bei der Einführung einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem? (FF2) Wie können die identifizierten Konflikte bei der Einführung einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem aufgelöst werden?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen werden die eingeführte Technologie des mobilen Lernens und das bestehende Servicesystem im Rahmen einer Fallstudie untersucht. Den Kontext des Einführungsprojekts bilden die schulischen KFZ-Mechaniker Ausbildungen an zwei technischen Berufsschulen in China, welche im Rahmen eines laufenden, gestaltungsorientierten Aktionsforschungsprojekts mit uns kooperieren (Ernst et al. 2015; Janson et al. 2014).

## 2 Ergebnisse der Fallstudie

Wir konnten unterschiedliche Systemkonflikte identifizieren: Der erste Systemkonflikt bezieht sich auf Lernkonzepte, die mit einem IT-Artefakt typischerweise verknüpft sind. Normalerweise dient Mobiles Lernen in westlich geprägten Kulturen der Umsetzung selbstgesteuerten Lernens (Olaussen und Bråten 1999). Dies stellt jedoch eine Herausforderung in China dar, da hier ein lehrerorientierter Ansatz mit wenig Raum für selbstgesteuertes Lernen vorherrscht. Der zweite Systemkonflikt bezieht sich auf einen möglichen Gesichtverlust der Lerner während des Lernprozesses. Die mobile Lernanwendung soll daher die Anonymität des Lernenden sicherstellen. Der letzte Konflikt beschäftigt sich mit global variierenden Designpräferenzen, welche in der Gestaltung der Benutzerschnittstelle berücksichtigt werden müssen.

Nach der ersten Analyse von theoretischen Erkenntnissen wurden an beiden Berufsschulen Fokusgruppenworkshops zur partizipativen Gestaltung des Services durchgeführt. Zur Strukturierung der Workshops sind wir dem Kollaborationsprozessgestaltungsansatz gefolgt (Leimeister 2014). Ziel der Workshops war es Kulturkonflikte in der mobilen Lernanwendung und dem zugeordneten Lehr-/ Lernszenario zu identifizieren. Zur näheren Veranschaulichung des geplanten Vorhabens erhielten die Lernenden eine im Forschungsprojekt entwickelte mobile Lernanwendung, welche die Basisfunktionen beinhaltete. Diese wurde ins Chinesische übersetzt. Nachdem die Lernenden sich mit den Funktionen der Anwendung vertraut machen konnten, wurden die Schüler durch verschiedene Kollaborationsschritte zur Identifikation potentieller Konflikte geführt. Diese Prozessschritte beinhalteten ein Brainstorming, um negativ aufgefallene Aspekte zu sammeln, diesbezüglich moderierte Diskussion, Gruppierungen der Aspekte und Bewertung nach Relevanz. Zusammenfassend resultierten beide Workshops in weiteren sechs Systemkonflikten,

welche sich auf Anonymität, reichhaltige audiovisuelle Darstellungen, Anleitungen für die Applikation, Feedback im Lernprozess, multimediale Inhalte und leuchtende Farbgestaltung bezogen und damit leichte Schnittmengen mit zuvor erhobenen Konflikten aufwiesen.

Zur Auflösung der identifizierten Systemkonflikte wurden auf Basis der Lernanwendung, welche die Basisfunktionen beinhaltet, Anpassungen vorgenommen, welche die identifizierten Konflikte systematisch adressieren. Zum einen wird die mobile Lernanwendung um einen Avatar, der den Lernenden Anweisungen bezüglich der Nutzung gibt, ergänzt. Dieser erscheint, sobald der Lehrer in einer Echtwelt-Lernumgebung erklären, helfen oder anweisen würde. Chinesische Schüler stehen unter enormen Leistungsdruck. Um diesem und einem Gesichtsverlust entgegenzuwirken, werden Nutzer- und Nutzungsdaten, wie z.B. der aktuelle Lernstand nur dem Lernenden, nicht aber dem Lehrer angezeigt. In der Gestaltung der Benutzerschnittstelle muss die Nutzergruppe und deren kultureller Hintergrund berücksichtigt werden. Daher werden Gestaltungselemente basierend auf Erkenntnissen der Benutzerschnittstellenforschung für China implementiert.

Es folgte eine erste Evaluation der aus der Theorie abgeleiteten IT-Kulturkonflikte, welche u.a. aus den hier adressierten Systemkonflikten bestehen, um den Effekt der mobilen Lernanwendung auf das Servicesystem und insbesondere den Output des generierten Werts für die Akteure zu messen. Für die Evaluation des neuen Services wurde ein Experiment an den Berufsschulen durchgeführt. Die Evaluation fand im Rahmen der beruflichen Ausbildung statt. Es wurden das Technologieakzeptanzmodell nach Davis (1989) und der Lernerfolg mit Wissenstests zum bearbeiteten Lernmaterial abgefragt. Es konnten seitens aller Konstrukte positive Ergebnisse im Vergleich zur Basisanwendung erzielt werden. Die Konstrukte "Perceived Ease of Use" und "Perceived Usefulness" zeigen signifikant positive Veränderungen. Der erzielte Lernerfolg konnte ebenfalls positiv signifikant angehoben werden.

### **3 Diskussion und Zusammenfassung**

Durch die Analyse, Gestaltung und Evaluierung der Lerndienstleistung konnten wir im Kontext der IT-Kulturkonflikttheorie Implikationen für Servicesysteme und deren systematische, kontextspezifische Gestaltung ableiten. Weiter konnten wir auftretende Systemkonflikte minimieren und somit die gemeinsame Wertegenerierung in Form von Technologieakzeptanz und Lernerfolg erhöhen. Unsere Erkenntnisse zur Anwendung der IT-Kulturkonflikttheorie tragen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Servicesysteminteraktionen von Anwender und IT-Ressourcen im Rahmen einer Softwareeinführung bei (Böhm et al. 2014). Bezüglich FF1 haben wir auf Grundlage der IT-Kulturkonflikttheorie im Rahmen eines Einführungsprozesses einer mobilen Lernanwendung verschiedene Systemkonflikte identifiziert. Es konnten Abweichungen in der Wahrnehmung der Lernenden gegenüber der Kultur des Lehr-/ Lehrszenarios und den Vorstellungen, welche die Lernenden gegenüber den Werten von mobilem Lernen haben, identifiziert und in Anforderungen überführt werden. Hinsichtlich FF2 haben wir abgeleitete Anforderungen in der Gestaltung der mobilen Lernanwendung berücksichtigt, um diese erfolgreich in das bestehende Servicesystem einzuführen. Hier sind neben der Anonymisierung der Nutzerdaten und kulturspezifischen Gestaltung der Nutzerschnittstelle insbesondere die Effekte hinsichtlich der Avatar Integration zu nennen.

Basierend auf der IT-Kulturkonflikttheorie identifizieren und lösen wir somit Konflikte, die im Rahmen eines Einführungsprozesses einer mobilen Lernanwendung in ein bestehendes Servicesystem entstehen. Aus Perspektive des Service Systems erlangen wir so Erkenntnisse über die

Wirkmechanismen zwischen den Akteuren und ihrer Interaktion mit den Ressourcen des Servicesystems. Unsere Gestaltungsimplicationen sind zum einen als kontextspezifische Komponenten zu verstehen, welche die Akzeptanz und das erhöhte Werteversprechen des Lernkonzepts im Servicesystem erhöhen, zum anderen zeigen wir eine Vorgehensweise zur Identifizierung von Systemkonflikten bezüglich der Servicesystemgestaltung auf. Unsere identifizierten Systemkonflikte und Vorgehensweise tragen somit zur „Identifikation und Behandlung von Widerständen“ (Klein und Krcmar 2003, S. 428) bei.

#### *Danksagung:*

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der Projekte kuLtig ([www.projekt-kuLtig.de](http://www.projekt-kuLtig.de) - Förderkennzeichen 01BEX05A13) und ExTEND (01FJ15127) unter der Projektträgerschaft des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt erarbeitet und mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## **4 Literatur**

- Böhm T, Leimeister JM, Möslin K (2014) Service-Systems-Engineering. *Wirtschaftsinformatik* 56:83–90. doi:10.1007/s11576-014-0406-6.
- Davis FD (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13:319.
- Ernst S, Janson A, Söllner M, Leimeister JM (2015) When in Rome, do as the Romans do – Overcoming Culture Conflicts in Mobile Learning. *ICIS 2015 Proceedings*.
- Janson A, Peters C, Leimeister JM (2014) Der Weg zur effizienten Bereitstellung kultursensitiver Dienstleistungen - erste Schritte mittels systematischer Modularisierung. In: Thomas O, Nüttgens M (Hrsg) *Dienstleistungsmodellierung 2014*, S 266–286.
- Klein A, Krcmar H (2003) Electronic Meeting Systems Paradox; Hindernisse für den Einsatz funktionierender Technik und Ansätze zu ihrer Überwindung. *Wirtschaftsinformatik* 45:421–433. doi:10.1007/BF03250907.
- Koch H, Leidner DE, Gonzalez ES (2013) Digitally enabling social networks: resolving IT-culture conflict. *Info Systems J*:501–523. doi:10.1111/isj.12020.
- Leidner DE, Kayworth T (2006) Review: A Review of Culture in Information Systems Research: Toward a Theory of Information Technology Culture Conflict. *MIS Quarterly* 30:357–399.
- Leimeister JM (2014) *Collaboration Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Olaussen BS, Bråten I (1999) Students' Use of Strategies for Self-regulated Learning: cross-cultural perspectives. *Scandinavian Journal of Educational Research* 43:409–432. doi:10.1080/0031383990430405.

# **Anforderungsverfolgung bei Produkt-Service-Systemen in der Praxis – Eine explorative Untersuchung**

**Sebastian Floerecke<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universität Passau, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II, [sebastian.floerecke@uni-passau.de](mailto:sebastian.floerecke@uni-passau.de)

## **Abstract**

Bei der Anforderungsverfolgung wird der Lebenszyklus einer Anforderung von ihrem Ursprung über alle Phasen der Entwicklung verfolgt und die Abhängigkeiten zwischen Artefakten, wie Anforderungen, Komponenten oder Testfälle, dokumentiert und gepflegt. Besondere Herausforderungen ergeben sich diesbezüglich bei der Entwicklung von Produkt-Service-Systemen (PSS). Gründe hierfür sind komplexe Schnittstellen zwischen den Domänen Produkt-, Software- und Dienstleistungsentwicklung, unterschiedliche Lebenszyklen und gegenseitige Beeinflussung einzelner Komponenten, ein hoher Grad an technischer Integration sowie die kundenindividuelle Leistungserstellung. Erhöht wird diese Komplexität dadurch, dass sich Anforderungen an ein PSS entlang des kompletten Lebenszyklus ändern können. Während erste theoretische Arbeiten über die Anforderungsverfolgung bei PSS existieren, beschäftigt sich bislang keine Publikation umfassend mit der Praxisperspektive. Ziel dieses Beitrags ist daher, zu untersuchen, wie Anbieter von PSS die Anforderungsverfolgung durchführen. Dazu wurden zwölf Experteninterviews mit Vertretern von PSS-Anbietern und Beratungsunternehmen aus unterschiedlichen Branchen geführt.

## **1 Notwendigkeit der Anforderungsverfolgung bei PSS**

Unternehmen der unterschiedlichsten Branchen stehen heutzutage unter einem zunehmenden Wettbewerbsdruck und vor immer komplexer werdenden Kundenanforderungen (Boehm und Thomas 2013). Um sich von der Konkurrenz zu differenzieren, reicht es einerseits nicht mehr aus, Sach- und Dienstleistungen getrennt voneinander anzubieten (Sturm und Bading 2008). Andererseits fordern Kunden verstärkt individuelle Komplettlösungen, anstatt für den Massenmarkt entwickelte, standardisierte Sach- oder Dienstleistungen (Knackstedt et al. 2008). Denn Kunden haben oftmals wenig Interesse an Produkten und Dienstleistungen an sich, stattdessen erwarten sie die Lösung ihres spezifischen Problems (Leimeister und Glauner 2008). Einige Unternehmen, sowohl bisherige Produkthanbieter als auch Dienstleister, wandeln sich deshalb zu sogenannten Lösungsanbietern. Bei einer Lösung, auch als Produkt-Service-System (PSS) bezeichnet, handelt es sich um ein integriertes Leistungsbündel, bestehend aus Hardware, Software und Dienstleistungen, zur Lösung individueller Kundenprobleme (Baines et al. 2007). PSS lassen sich in den unterschiedlichsten Branchen, wie dem Maschinen- und Anlagenbau oder der IT, finden (Tuli et al. 2007). Als Beispiel für PSS in der IT-Branche wird häufig Software-as-a-Service angeführt. Bei

diesem Servicemodell des Cloud Computings wird angepasste Standardsoftware als Dienstleistung über Datennetze bereitgestellt. Ein weiteres Praxisbeispiel stellt Carsharing zur Erfüllung des Mobilitätsbedürfnisses dar. Gemeinsam haben diese Angebote, dass Anbieter im Vergleich zum reinen Produktverkauf weiterführende Aufgaben übernehmen, wodurch Kunden von Tätigkeiten, die nicht ihr Kerngeschäft betreffen, befreit werden. Kunden müssen dabei zumeist keine Vorabinvestitionen tätigen, was zu einer Fixkostenvariabilisierung führt (Floerecke et al. 2015).

Die Entwicklung eines PSS stellt jedoch aufgrund der Beteiligung der Domänen Produkt-, Software- und Dienstleistungsentwicklung, unterschiedlicher Lebenszyklen und gegenseitiger Beeinflussung der Komponenten, einer hohen technologischen Integration sowie der kundenindividuellen Leistungserstellung einen komplexen Prozess dar (Berkovich et al. 2011b). Innerhalb dieses Entwicklungsprozesses kommt dem Anforderungsmanagement eine besondere Bedeutung zu, da das oberste Ziel eines PSS die möglichst optimale Erfüllung eines abstrakten, individuellen Kundenbedürfnisses ist (Baines et al. 2007; Tuli et al. 2007). Die erhobenen und spezifizierten Anforderungen können sich jedoch entlang des gesamten PSS-Lebenszyklus ändern (Floerecke et al. 2012; Herzfeldt et al. 2010), da dieser zyklischen Wechselwirkungen unterworfen ist, die häufig Änderungen verursachen (Langer und Lindemann 2009). Beispiele für derartige Zyklen sind die Änderung von Kundenwünschen sowie Gesetzen oder die Verfügbarkeit und Reifung neuer Technologien (Berkovich et al. 2011c). Im Rahmen des Anforderungsmanagements müssen Anbieter diese Änderungen antizipieren, die Auswirkungen auf weitere Anforderungen und PSS-Komponenten erkennen und Maßnahmen zum Umgang mit Änderungen umsetzen. Voraussetzung dafür ist, den Lebenszyklus einer Anforderung von ihrem Ursprung über alle Phasen der Entwicklung zu verfolgen und die Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen und den PSS-Komponenten zu identifizieren sowie diese abzubilden und zu pflegen (Berkovich et al. 2011b). Dieser Teilbereich des Anforderungsmanagements wird als Anforderungsverfolgung bezeichnet (Gotel und Finkelstein 1994; Ramesh und Jarke 2001).

Während sich in der Literatur erste, ausschließlich theoretische, Forschungsarbeiten über die Anforderungsverfolgung im Kontext von PSS finden lassen (Berkovich et al. 2011b; Krcmar et al. 2014; Wolfenstetter et al. 2015a), existiert bislang keine Publikation, die sich umfassend mit der Praxisperspektive befasst. Ziel dieses Beitrags ist daher, zu untersuchen, wie Anbieter von PSS die Anforderungsverfolgung durchführen. Dazu wurden zwölf Experteninterviews mit Vertretern von PSS-Anbietern und Beratungsunternehmen mit PSS-Bezug aus den unterschiedlichsten Branchen geführt. Der Beitrag ist folgendermaßen aufgebaut: Im zweiten Kapitel wird das Konzept der Anforderungsverfolgung mit dessen drei unterschiedlichen Dimensionen erläutert. Das dritte Kapitel beschreibt das diesem Beitrag zugrunde liegende Forschungsdesign. In Kapitel 4 wird aufgezeigt, wie Praktiker die Anforderungsverfolgung getrennt nach den drei Dimensionen durchführen und welche Softwarewerkzeuge sie dazu einsetzen. Die Ergebnisse der Experteninterviews werden in Kapitel 5 diskutiert. Mit einer Zusammenfassung, einem Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf sowie Empfehlungen für die Praxis schließt dieser Beitrag mit Kapitel 6 ab.

## **2 Grundlagen der Anforderungsverfolgung bei PSS**

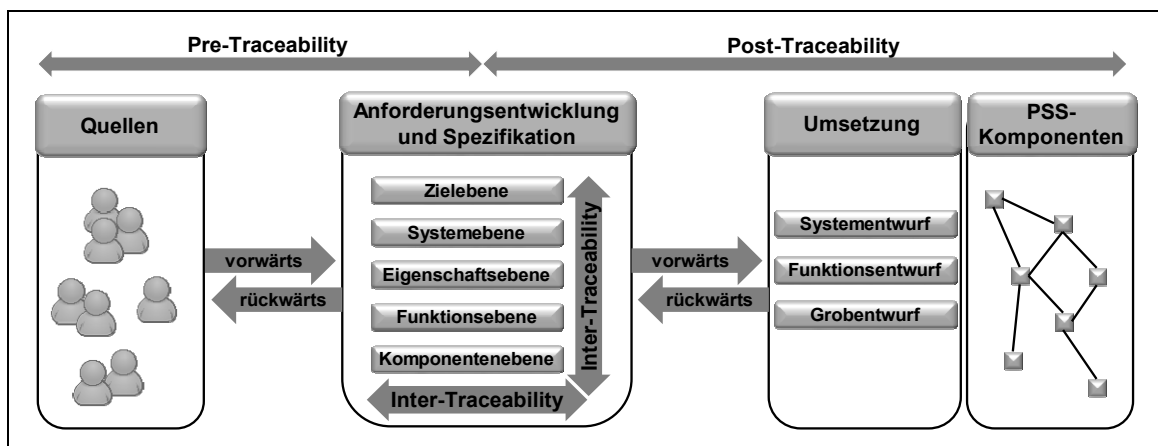
Bei der Anforderungsverfolgung wird der Lebenszyklus einer Anforderung von ihrem Ursprung über alle Phasen der Entwicklung eines Produkts, einer Dienstleistung oder eines PSS verfolgt und die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Artefakten, wie etwa Anforderungen, Komponenten oder Testfälle, dokumentiert und gepflegt (Ramesh und Jarke 2001; Sahraoui 2005). Diese Aktivität



stellt die Grundvoraussetzung für ein effektives Änderungsmanagement dar (Gotel und Finkelstein 1995; Maeder et al. 2006). Bei PSS muss die Anforderungsverfolgung domänenübergreifend durchgeführt werden, da Abhängigkeiten über Domänengrenzen hinweg bestehen (Berkovich et al. 2011c). So beeinflussen beispielsweise Dienstleistungskomponenten das Design der Software oder auch das der Hardware (Wolfenstetter et al. 2015a).

Zur Verfolgung von Anforderungen werden semantische Abhängigkeiten, sogenannte Trace Links, identifiziert und dokumentiert. Diese Trace Links geben an, wie Artefakte – Anforderungen, Lösungskomponenten oder Testfälle – zueinander in Beziehung stehen (Cheng und Atlee 2007; Spanoudakis und Zisman 2005). Durch Navigieren entlang der Trace Links lässt sich zu jedem Zeitpunkt nachvollziehen, ob alle Anforderungen tatsächlich umgesetzt wurden und ob Komponenten oder Funktionen existieren, die keine Anforderung erfüllen und daher möglicherweise überflüssig sind. Gleichzeitig wird das Einschleichen unnötiger Anforderungen in die Spezifikation verhindert, da für jede Anforderung die Quelle sowie der Grund deren Aufnahme eindeutig nachvollziehbar ist. Wenn ein Artefakt geändert wird, lässt sich zudem analysieren, welche Artefakte ebenfalls von dieser Änderung betroffen sind und gegebenenfalls auch angepasst werden müssen. Außerdem fördert die Anforderungsverfolgung die Wiederverwendung von Artefakten, da festgestellt werden kann, welches Artefakt dafür in Betracht kommen könnte und welche Anpassungen für die Verwendung in einem anderen Kontext nötig wären. Darüber hinaus kann geprüft werden, welche Testfälle eine Anforderung verifizieren und ob jede Anforderung durch einen Test abgedeckt ist. Ferner werden die Überwachung des Projektfortschritts, die Ressourcenallokation sowie das Controlling unterstützt (Kotonya und Sommerville 1998; Pinheiro 2004; Pohl 2008).

Das Konzept der Anforderungsverfolgung umfasst, wie Abbildung 1 zeigt, die drei Dimensionen **Pre-**, **Inter-** und **Post-Traceability** (abgeleitet vom englischen „Requirements Traceability“):



**Abbildung 1: Dimensionen der Anforderungsverfolgung bei PSS (Wolfenstetter et al. 2013)**

Beim **Pre-Traceability** geht es um Trace Links von der Quelle einer Anforderung, beispielsweise ein bestimmter Vertreter des Kunden oder der Gesetzgeber (Pinheiro 2004), bis zu ihrer Spezifikation (Gotel und Finkelstein 1994). **Post-Traceability** dagegen umfasst Trace Links einer Anforderung von ihrer Spezifikation bis zu ihrer Umsetzung, etwa als Softwarecode oder Hardwarekomponente (Gotel und Finkelstein 1994). Zudem können Beziehungen zwischen Anforderungen auf derselben und auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen verfolgt werden. Diese Dimension wird als **Inter-Traceability** bezeichnet. Derartige Trace Links beinhalten zum Beispiel Konkrete-

sierungen, Überlappungen oder Konfliktbeziehungen zwischen Anforderungen (Pinheiro 2004; Pohl 2008). Für PSS ist das Inter-Traceability von besonderer Bedeutung, da es sich bei der Anforderungsspezifikation um ein komplexes, domänenübergreifendes und multihierarchisches Netz aus interdependenten Anforderungen handelt (Berkovich et al. 2011a).

Das Themenfeld der Anforderungsverfolgung wird in der Literatur aus drei Perspektiven heraus betrachtet (Krcmar et al. 2014): Die **(1) datenbezogene und konzeptionelle Perspektive** beschäftigt sich damit, welche Artefakte bei der Anforderungsverfolgung berücksichtigt werden müssen, welche Arten von Beziehungen existieren können und welche Informationen über jedes Artefakt benötigt werden. Die Kernaufgabe der **(2) prozess- und managementorientierten Perspektive** liegt in der ganzheitlichen Betrachtung der Anforderungsänderung und den damit verbundenen Prozessen – Identifikation und Dokumentation der relevanten Informationen und Trace Links, die fortlaufende Aktualisierung dieser und die Nutzung der Erkenntnisse daraus. Bei der **(3) Perspektive der Methoden und Werkzeuge** geht es insbesondere darum, wie Informationen der Anforderungsverfolgung nun konkret verfolgt und rückverfolgt werden können. Die Methoden gehen von der manuellen, über die halbautomatische bis hin zur vollautomatischen Verfolgung. Diese Verfahren ermöglichen die Anforderungsverfolgung durch eine automatische Identifizierung der Trace Links anhand von Data-Mining-Ansätzen und einer Prognose der Auswirkungen von Änderungen in Verbindung mit einer klaren Visualisierung (Krcmar et al. 2014).

Die Mehrheit dieser Methoden stammt aus dem Umfeld der Softwareentwicklung. Ein Grund dafür ist, dass bislang in diesem Bereich das Anforderungsmanagement innerhalb der Forschung stärker als bei den Ingenieurwissenschaften adressiert wurde. Für Dienstleistungen existiert bisher noch keine spezifische Methode, was mitunter darauf zurückgeführt werden kann, dass die Dienstleistungsentwicklung ein noch relativ junges Forschungsfeld darstellt und dort häufig Ansätze aus den anderen Domänen adaptiert werden. Demzufolge gibt es auch keinen domänenübergreifenden Ansatz, der den speziellen Herausforderungen von PSS genügt und mehr als nur Teilaspekte der Anforderungsverfolgung abdeckt (Wolfenstetter et al. 2015a).

### 3 Forschungsdesign

Quantitative Forschungsmethoden ermöglichen überwiegend die Überprüfung vorher aufgestellter, aus theoretischen Modellen abgeleiteter, Hypothesen (Mayring 2010). Da die Anforderungsverfolgung bei PSS aber zu einem noch wenig untersuchten Gebiet zählt, ist es entscheidend, die Daten und das zu untersuchende Feld in den Vordergrund zu stellen. Ziel der Experteninterviews war, Kenntnis von der Vorgehensweise bei der Anforderungsverfolgung in der Praxis zu erlangen. Der gesamte Prozess der Datenerhebung und deren Auswertung orientierte sich aufgrund des explorativen Charakters an den Prinzipien der Grounded Theory (Glaser und Strauss 1967).

Um eine, für diesen Beitrag, ausreichende Zahl an Interviewpartner zu generieren, wurde ein zielgerichtetes Akquiseverfahren durchgeführt. Die Experten wurden infolge einer Internetrecherche angesprochen oder über persönliche Kontakte rekrutiert. Bei der Auswahl der Gesprächspartner wurde darauf geachtet, einen Querschnitt über die deutsche Wirtschafts- und Unternehmenslandschaft zu erreichen. So konnten Interviewpartner gewonnen werden, die verschiedenen Branchen (der Automobil-, der IT-, der Halbleiter- und der Beraterbranche) und unterschiedlichen Unternehmensgrößen (kleine, mittlere und große Unternehmen) angehören. Die ausgewählten Unternehmen bieten entweder PSS, ob direkt für ihre Kunden oder intern zur Entwicklung des Endprodukts, an oder treten in diesem Zusammenhang als Berater auf. Um zu verhindern, wie von

Meuser und Nagel (1991) betont, dass eine Person als Experte ausgewählt wird, die nicht über ausreichendes Know-how verfügt, wurde den potentiellen Interviewpartnern die Grundfassung des Interviewleitfadens (Abbildung 2) jeweils im Vorfeld zur Verfügung gestellt.

Grundfassung des Interviewleitfadens
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Welche Arten von Prozessen oder Softwarewerkzeugen verwenden Sie, um Anforderungen von ihrem Ursprung entlang des Entwicklungsprozesses zu dokumentieren und zu verfolgen?</li> <li>2. Inwieweit wird der Ursprung einer Anforderung bei der Anforderungsverfolgung betrachtet?</li> <li>3. Wie dokumentieren Sie mögliche Beziehungen zwischen verschiedenen Anforderungen?</li> <li>4. Wie können Sie analysieren, ob Anforderungen miteinander in Konflikt stehen?</li> <li>5. Halten Sie verschiedene Versionen von Anforderungen fest?</li> <li>6. Wie wird dokumentiert, welche Produktkomponenten von welchen Anforderungen betroffen sind?</li> <li>7. Wie stellen Sie sicher, dass alle Anforderungen auch tatsächlich umgesetzt wurden?</li> <li>8. Wie werden wechselseitige Beziehungen zwischen den verschiedenen Entwicklungsdomänen Hardware, Software und Dienstleistung in der Anforderungsverfolgung gehandhabt?</li> </ol>

**Abbildung 2: Grundfassung des Interviewleitfadens**

Insgesamt wurden im Zeitraum von Dezember 2013 bis einschließlich Februar 2014 zwölf Interviews mit Führungskräften und mit Verantwortlichen des Anforderungsmanagements geführt. Darunter waren ein Experte von einem kleinen, vier Experten von mittleren und sieben Experten von großen Unternehmen – gemäß der Definition des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn (Günterberg und Kayser 2004). Die Dauer der Interviews betrug jeweils zwischen 45 und 60 Minuten. Bei der Durchführung der Experteninterviews wurde im Sinne der Grounded Theory die Möglichkeit offen gelassen, detaillierter nachzufragen und somit den Fragenkatalog zu erweitern. Vorab wurde die Erlaubnis für die Aufzeichnung der Gespräche eingeholt, um jeweils ein wortgetreues Transkript anfertigen zu können. Die Auswertung erfolgte im Rahmen des offenen, axialen und selektiven Kodierens mittels Atlas.ti, einer Software zur qualitativen Datenanalyse. Der Forschungsprozess wurde schließlich beendet, als sich die Expertenaussagen mehrfach wiederholten und es nicht mehr zu erwarten war, dass die Untersuchung neuer Daten zur Weiterentwicklung der Theorie beiträgt. Dies wird als theoretische Sättigung bezeichnet (Glaser und Strauss 1967).

## 4 Anforderungsverfolgung bei PSS-Anbietern in der Praxis

### 4.1 Eingesetzte Softwarewerkzeuge

Die Unternehmensgröße hat einen erheblichen Einfluss darauf, welche Softwarewerkzeuge für die Anforderungsverfolgung beziehungsweise dem übergeordneten Anforderungsmanagement eingesetzt werden: Kleine und mittlere Unternehmen verwenden branchenübergreifend überwiegend Produkte des Microsoft Office-Pakets wie Excel, Word und Powerpoint, um die Anforderungen zu dokumentieren und zu verfolgen. Darüber hinaus benutzen kleinere und mittlere Unternehmen oftmals gleichzeitig sogenannte Projektmanagementtools wie Jira von Atlassian oder Pivotal Tracker von Pivotal Labs, um auch ihren Kunden einen Einblick in die Anforderungsbasis zu ermöglichen und ihnen zugleich die Gelegenheit zu geben, Änderungsanfragen in Form von Tickets zu stellen.

Große Unternehmen haben dagegen verstärkt umfangreichere Anforderungsmanagement-Tools, wie Doors von IBM oder Caliber von Micro Focus, im Einsatz. Dennoch verwenden die betrachteten großen Unternehmen parallel auch diejenigen Softwarewerkzeuge, welche die kleinen und mittleren Unternehmen nutzen. Als Begründung dafür wird die Unzufriedenheit mit den derzeit auf dem Markt erhältlichen Anforderungsmanagement-Tools und deren Komplexität angegeben. Mit dieser gewissen Redundanz wird versucht, die Stärken der einzelnen Tools zu bündeln, um insgesamt ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen. Außerdem wurden rechtliche Gründe angeführt: Da Anforderungen Teil des Entwicklungsvertrags sind, werden Dateixporte in Richtung Microsoft Office durchgeführt. Bei den Office-Dokumenten handelt es sich allgemein um vorgefertigte, firmeninterne Templates, die direkt oder anhand von Exporten aus dem Anforderungsmanagement-Tool befüllt werden.

Kleine und mittlere Unternehmen nehmen aufgrund der relativ hohen Anschaffungskosten und des im Regelfall nicht benötigten Funktionsumfangs Abstand von den speziellen Anforderungsmanagement-Tools. In der Beraterbranche ist es gängige Praxis, die Anforderungen mit den Softwareprodukten zu dokumentieren und zu managen, welche die Kunden vorgeben. Somit kann festgehalten werden, dass unabhängig von der Unternehmensgröße und der Branche zumeist mehrere Tools nebeneinander zum Einsatz kommen, um die Anforderungsverfolgung durchzuführen.

## **4.2 Pre-Traceability**

Unternehmensgrößen- und branchenübergreifend wird, entgegen der wissenschaftlichen Empfehlung, nicht flächendeckend dokumentiert, was der Ursprung einer Anforderung ist. Teils wird diese Information zwar bei großen Unternehmen in das Anforderungsmanagement-Tool eingetragen, aber nicht durchgängig: So wird beispielsweise die Quelle initial dokumentiert, aber im weiteren Verlauf der Anforderungsverfolgung, durchgeführt mit Wordtemplates, nicht mit extrahiert. Bei kleinen und mittleren Unternehmen wird die Quelle bei der Anforderungsverfolgung überhaupt nicht berücksichtigt.

Wo dagegen in allen betrachteten Fällen der Ursprung einer Anforderung eine bedeutende Rolle einnimmt, ist das mit der Anforderungsverfolgung verbundene Änderungsmanagement. Wenn ein Stakeholder, ob von Seiten des Kunden oder innerhalb der Organisation des Anbieters, eine Änderungsanfrage stellt, wird die Anforderungsquelle in den Tickets systematisch festgehalten. Nachdem dieser Änderungswunsch umgesetzt worden ist, wird die Information über die Quelle allerdings nicht automatisch in die Anforderungsbasis übertragen und geht schlichtweg verloren. Insgesamt wird das Pre-Traceability derzeit folglich von unsystematisch bis gar nicht durchgeführt.

## **4.3 Inter-Traceability**

Ein kleiner Teil der untersuchten großen Unternehmen betrachtet Beziehungen zwischen Anforderungen, indem sie aus abstrakten Anforderungen detailliertere ableiten und diese Verbindungen mit ihren Softwarewerkzeugen auch versuchen, festzuhalten. Die überwiegende Mehrheit der befragten Experten adressiert das Inter-Traceability allerdings nicht. Anforderungen erhalten lediglich einen eindeutigen Identifikator und werden als einfache Liste, unabhängig von deren möglicherweise unterschiedlichem Abstraktionsgrad und untereinander bestehenden Querbeziehungen, dokumentiert. Um eine gewisse Ordnung herzustellen, werden Anforderungen vereinzelt nach ihrer thematischen Zusammengehörigkeit in Anforderungsblöcken zusammengefasst. Außerdem erfolgt teils eine Priorisierung von Anforderungen basierend auf deren Bedeutung. Unterschiedliche Versionen einer Anforderung werden dagegen weder abgebildet noch betrachtet. Lediglich zwei

der Befragten von großen Unternehmen geben an, dass sie die Anforderungen getrennt nach den drei Domänen mit ihren Templates dokumentieren und verfolgen. Bei allen anderen Firmen erfolgt eine derartige Dreiteilung nicht. Insbesondere werden die Anforderungen von Dienstleistungen nicht spezifiziert und verfolgt. Was generell von Seiten der PSS-Anbieter Berücksichtigung findet, ist das Zusammenspiel zwischen Software und Hardware – welche Softwarevariante welche Hardware benötigt. Aber selbst dieser Zusammenhang wird lediglich in den seltensten Fällen, wenn überhaupt nur bei großen Unternehmen, systematisch dokumentiert.

Die Tatsache, dass zumeist keinerlei Beziehungen zwischen Anforderungen berücksichtigt werden, wirkt sich direkt auf die Möglichkeit der Identifikation und der Analyse von etwaigen Anforderungskonflikten aus. Keines der Unternehmen setzt ein Softwarewerkzeug ein, das Konflikte zwischen Anforderungen automatisch erkennen oder zumindest dabei unterstützend wirken kann. Auch ist keinem der Befragten ein derartiges Softwareprodukt bekannt. Dies hängt laut den Experteninterviews damit zusammen, dass es sich bei Anforderungen um textuelle Beschreibungen handelt, die schwer maschinell analysiert werden können. Folglich stellt die sogenannte Konfliktanalyse ein manuelles Vorgehen dar, das von möglichst erfahrenen Mitarbeitern anhand von Abwägen, Diskutieren im Team oder Modellieren durchgeführt wird. Dies kann bereits im Zuge der Anforderungserhebung beim Kunden vor Ort geschehen, indem basierend auf der eigenen Erfahrung bestimmte Kombinationen von Anforderungen ausgeschlossen werden. Oder es wird zu einem späteren Zeitpunkt, bevor die Anforderungen umgesetzt werden, praktiziert. Aufgrund dieser insgesamt weitgehend unsystematischen Vorgehensweise erscheint es zumindest fraglich, ob die Mehrzahl der Anforderungskonflikte frühzeitig erkannt wird. Insofern muss konstatiert werden, dass auch das Inter-Traceability als Ganzes gesehen in der Praxis stark vernachlässigt wird.

#### **4.4 Post-Traceability**

Zur Sicherstellung des Post-Traceability werden bei großen Unternehmen oftmals sogenannte Traceability-Matrizen eingesetzt. In diesen vordefinierten Templates werden Anforderungen (Zeilen) mit den Komponenten (Spalten), welche sie umsetzen, verknüpft. Gemäß den befragten Vertretern der Automobilhersteller wird die Verbindung zwischen Anforderungen und den Komponenten über Wirkketten abgeleitet und dargestellt. In der Automobilbranche wird ferner im Zusammenhang mit dem Post-Traceability das Konzept der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse als unverzichtbar herausgestellt. Bei den kleinen und mittleren Unternehmen wird eine derartige Zuordnung nicht über ein Softwarewerkzeug abgebildet, sondern lediglich abstrakt diskutiert.

Wenn es zu überprüfen gilt, ob auch tatsächlich alle Anforderungen umgesetzt wurden, existieren in Abhängigkeit des Softwarewerkzeugeinsatzes unterschiedliche Herangehensweisen. Bei den Traceability-Matrizen lässt sich dies relativ schnell erkennen, indem kontrolliert wird, ob jeder Anforderung eine umgesetzte Komponente zugeordnet ist. Wenn Microsoft Office-Produkte zum Einsatz kommen, werden die Anforderungen jeweils als abgearbeitet markiert. Sowohl Anforderungsmanagement- als auch Projektmanagement-Tools verfügen in der Regel über ein Statuskonzept. Dadurch kann auf einen Blick festgestellt werden, ob sämtliche Anforderungen umgesetzt wurden. Darüber hinaus verwenden vereinzelte Unternehmen eine Matrix, um Anforderungen mit den zugehörigen Testfällen zu verknüpfen.

## 5 Diskussion

Viele Praktiker sind sich über die Bedeutung der Anforderungsverfolgung für den Entwicklungsprozess von PSS nicht bewusst. Vielmehr ist das Konzept weiterhin hauptsächlich bei Herstellern sicherheitskritischer Systeme vorherrschend. Dies ist erstaunlich, da die Anforderungsverfolgung gemäß der wissenschaftlichen Sichtweise die zwingende Voraussetzung für ein erfolgreiches Änderungsmanagement darstellt. Dieser Zusammenhang ist laut den Experteninterviews allerdings nur den wenigsten Praktikern bekannt. Insgesamt zeigt sich, dass stattdessen die Anforderungserhebung im Gesamtkontext des Anforderungsmanagements als die mit Abstand wichtigste Phase angesehen wird. Das wirkliche Management von Anforderungen – die Anforderungsverfolgung und das Änderungsmanagement – rückt im Vergleich dazu in den Hintergrund.

Die drei Dimensionen der Anforderungsverfolgung weisen in der Praxis einen unterschiedlichen Reifegrad auf: Das **Pre-Traceability** wird derzeit von unsystematisch bis gar nicht durchgeführt. Dabei sind sich die befragten Praktiker über die sich aus einer konsequenten Verfolgung der Anforderungsquelle ergebenden Vorteile nicht bewusst. Dies manifestiert sich darin, dass es unterlassen wird, obwohl in einigen Fällen der Ursprung einer Anforderung in einem Vorsystem vorliegt und somit auf diese Information problemlos zugegriffen werden könnte. Stattdessen wird die Anforderungsquelle lediglich temporär für Änderungsanfragen dokumentiert, ohne sie nach Umsetzung eines Änderungswunsches in die Anforderungsbasis zu übertragen. Beim **Inter-Traceability** stellt sich heraus, dass die Praktiker für dieses Thema offen wären und einen Nutzen für sich erkennen, sie es dennoch als Ganzes gesehen in der Praxis stark vernachlässigen. Der für die Etablierung derartiger Nachvollziehbarkeitsinformationen notwendige finanzielle und zeitliche Aufwand erscheint als zu hoch, weshalb viele den Schritt in dieser Richtung derzeit unterlassen. Das **Post-Traceability** nimmt gegenwärtig in der Praxis im Vergleich zu den beiden anderen Dimensionen den höchsten Reifegrad ein. Wenn PSS-Anbieter Anforderungsverfolgung betreiben, wird priorisiert diese Dimension abgedeckt. Die Verwendung von manuellen Traceability-Matrizen gilt dabei als das Ausgereifteste.

Wolfenstetter et al. (2015a) haben die in der Theorie existierenden Anforderungsverfolgungsmethoden unter anderem dahingehend analysiert, inwieweit diese die drei Dimensionen der Anforderungsverfolgung im PSS-Kontext abdecken. Anhand deren Ergebnisse und denen dieser Studie lässt sich der Reifegrad der drei Anforderungsverfolgungsdimensionen in Theorie und Praxis zusammenfassend qualitativ gegenüberstellen (Abbildung 3). Dabei wird deutlich, dass die Praxis der Wissenschaft in allen drei Dimensionen hinterherhinkt.










	Pre-Traceability	Inter-Traceability	Post-Traceability
Theorie			
Praxis			
	hoch 	mittel 	gering 

Abbildung 3: Reifegrade der Anforderungsverfolgungsdimensionen in Theorie und Praxis

Die in der Wissenschaft entwickelten halbautomatischen und automatischen Anforderungsverfolgungsmethoden werden von keinem der befragten Praktiker eingesetzt. Stattdessen erzeugen und pflegen sie gewisse Nachvollziehbarkeitsinformationen in manueller Form, was allerdings als komplex, fehleranfällig und zeitaufwendig angesehen wird (Spanoudakis und Zisman 2005). Dabei haben die Befragten trotz der Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen keine Kenntnis von der Existenz dieser Methoden. Zugegebenermaßen ist die wissenschaftliche Herangehensweise zum einen tendenziell etwas komplex und erscheint in Teilen als praxisfern. Zum anderen existiert, wie die aktuelle Untersuchung von Wolfenstetter et al. (2015a) zeigt, keine Methode, die den Herausforderungen von PSS genügt und mehr als nur Teilaspekte der Anforderungsverfolgung abdeckt und somit als Ideallösung für die Praxis angesehen werden könnte. Damit Praktiker derartige Methoden überhaupt einsetzen könnten, müssten diese zunächst in kommerziellen oder freizugänglichen Softwarewerkzeugen verfügbar gemacht werden. Denn Praktikern nützt es wenig, wenn lediglich zu Forschungszwecken kleine Insellösungen innerhalb einzelner Universitätslehrstühlen, wie die Ergebnisse der Studie von Galvao und Goknil (2007) unterstreichen, umgesetzt und getestet werden. Die Wissenschaft sollte sich deshalb verstärkt darauf konzentrieren, was Praktiker für ihre tägliche Arbeit tatsächlich benötigen und nicht, was theoretisch machbar wäre. Dies manifestiert sich darin, dass nach einer Studie von Torkar et al. (2012) bislang nur eine geringe Anzahl der Anforderungsverfolgungsmethoden überhaupt hinsichtlich ihres Praxisnutzens untersucht wurde.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde untersucht, wie Anbieter von PSS die Anforderungsverfolgung bewerkstelligen. Dazu wurden zwölf Experteninterviews mit Vertretern von PSS-Anbietern und Beratungsunternehmen mit PSS-Bezug aus den unterschiedlichsten Branchen geführt. Die Experteninterviews machen deutlich, dass unabhängig von der Branche und der Unternehmensgröße mehrere Softwarewerkzeuge gleichzeitig zur Anforderungsverfolgung eingesetzt werden. Der Ursprung einer Anforderung wird dabei nicht flächendeckend dokumentiert. Über den möglichen, sich aus dem Pre-Traceability ergebenden Nutzen sind sich die Praktiker nicht bewusst. Wo dagegen die Anforderungsquelle eine wichtige Rolle einnimmt, ist das Änderungsmanagement, wobei sie nach Abarbeitung des Änderungsantrags in der Regel nicht automatisch in die Anforderungsbasis übertragen wird. Auch wenn vereinzelt große Unternehmen Beziehungen zwischen Anforderungen dokumentieren, handelt es sich hierbei um eine Ausnahme. Die Anforderungen werden im Allgemeinen als einfache Liste, unabhängig von deren unterschiedlichem Abstraktionsgrad und untereinander bestehenden Beziehungen, betrachtet. Dies erschwert die Identifizierung etwaiger Konflikte zwischen Anforderungen. Unterschiedliche Versionen einer Anforderung werden nicht abgebildet. Ebenso wird die Verfolgung und Dokumentation von Dienstleistungsanforderungen erheblich vernachlässigt. Demzufolge findet bei der Entwicklung eines PSS zumeist keine integrative Zusammenarbeit von Hardware-, Software- und Dienstleistungsentwicklung statt. Zur Sicherstellung des Post-Traceability werden bei großen Unternehmen oftmals Traceability-Matrizen eingesetzt. Bei kleinen und mittleren Unternehmen wird eine derartige Zuordnung nicht über ein Softwarewerkzeug abgebildet, sondern nur oberflächlich diskutiert. Das Post-Traceability ist im Vergleich zum Pre- und Inter-Traceability in der Praxis mit Abstand am weitesten ausgereift. Insgesamt liegt jedoch der Stand der Praxis hinter dem der Theorie erheblich zurück.

Nachdem vielen Praktikern die Bedeutung des Konzepts der Anforderungsverfolgung für den Entwicklungsprozess nicht in dem Maße bewusst ist, müssten sie diesbezüglich sensibilisiert werden.

Beschleunigt würde dies sicherlich, wenn Kunden verstärkt die Durchführung der Anforderungsverfolgung seitens der Anbieter einfordern würden. Das ist laut den für diesen Beitrag geführten Interviews, wie auch eine ältere Studie von Blaauboer et al. (2007) bestätigt, jedoch kaum der Fall. Daher sollten Praktiker der Vielzahl an Publikationen, welche die Vorteile und den Nutzen der Anforderungsverfolgung belegen, folgen. Dabei dürfen Praktiker jedoch keinen sofortigen Nutzen erwarten. Denn das Etablieren der Anforderungsverfolgung beziehungsweise dessen Ausbau wird erheblichen zeitlichen und finanziellen Aufwand bedeuten. Deshalb raten Forscher wie Jarke (1998) und Ebert (2012) von einer vollständigen, unsystematischen Erfassung der Trace Links aus ökonomischer Sicht ab. Vielmehr ist entscheidend, vorab genau festzulegen, welche Informationen bei vorhandenen projektspezifischen Gegebenheiten und Zielsetzungen aufgezeichnet werden sollen. Bei einem durchdachten Vorgehen wird der Nutzen, insbesondere bei dem änderungsanfälligen PSS-Konzept, den Aufwand allerdings deutlich übersteigen.

Um Entwickler von PSS bei der Anforderungsverfolgung zu unterstützen, bedarf es für jede der drei in der Wissenschaft aufgeführten Perspektiven eine praxistaugliche Lösung: Erstens wird ein **Datenmodell** benötigt, das spezifiziert, welche Artefakte bei der Anforderungsverfolgung überhaupt berücksichtigt werden müssen und welche Arten von Trace Links zwischen diesen bestehen. Ein erster Vorschlag, wie ein PSS-spezifisches Datenmodell aussehen könnte, wurde kürzlich publiziert (Wolfenstetter et al. 2015b). Zweitens ist ein **Prozessmodell** erforderlich, das vorgibt, welche Aktivitäten in welchen Phasen des Entwicklungsprozesses in Unternehmen stattfinden müssen, um die Trace Links und weitere, im Kontext der Anforderungsverfolgung relevanten, Informationen zu dokumentieren, zu pflegen und zu nutzen. Drittens ist eine Art von **Methodenbaukasten** notwendig, der in Abhängigkeit verschiedener Faktoren, wie der Art des PSS oder dem Projektkontext, aufzeigt, welche konkreten Methoden in welcher Kombination bei der Anforderungsverfolgung angewendet werden sollen. Diese drei Bausteine müssen in eine adäquate **IT-Unterstützung** für die disziplinübergreifende Entwicklung eingebettet werden.

Auch wenn Anbietern noch keine speziell auf PSS zugeschnittenen Lösungen für die systematische Anforderungsverfolgung zur Verfügung stehen, sollten sie dennoch versuchen, die drei Dimensionen der Anforderungsverfolgung konsequent abzudecken. Denn nur so kann das Potential des Konzepts voll ausgeschöpft werden. Dies muss in manueller Form erfolgen, da keine Empfehlung für eine automatische Methode ausgesprochen werden kann. Dabei sollte eine möglichst geringe Zahl an Softwarewerkzeugen zum Einsatz kommen, da die Gefahr des Auftretens von Inkonsistenzen und Redundanzen nicht zu unterschätzen ist.

## 7 Literatur

- Baines TS, Lightfoot HW, Evans S, Neely A, Greenough R, Peppard J, Roy R, Shehab E, Braganza A, Tiwari A, Alcock JR, Angus JP, Bastl M, Cousens A, Irving P, Johnson M, Kingston J, Lockett H, Martinez V, Michele P, Tranfield D, Walton IM, Wilson H (2007) State-of-the-Art in Product-Service Systems. *Journal of Engineering Manufacture* 221 (10):1543–1552.
- Berkovich M, Esch S, Mauro C, Leimeister JM, Krcmar H (2011a) Towards an Artifact Model for Requirements to IT-enabled Product Service Systems. Multikonferenz der Wirtschaftsinformatik, Zürich.
- Berkovich M, Leimeister JM, Krcmar H (2011b) Requirements Engineering für Product Service Systems – Eine State-of-the-Art-Analyse. *Wirtschaftsinformatik* 53(6):357–370.



- Berkovich M, Mauro C, Leimeister JM, Weyde F, Krcmar H (2011c) Towards Cycle-Oriented Requirements Engineering. Multikonferenz der Wirtschaftsinformatik, Zürich.
- Blaauboer F, Sikkil K, Aydin MN (2007) Deciding to adopt Requirements Traceability in Practice. International Conference on Advanced Information Systems Engineering, Trondheim.
- Boehm M, Thomas O (2013) Looking beyond the Rim of one's Teacup: A multidisciplinary Literature Review of Product-Service Systems in Information Systems, Business Management, and Engineering & Design. *Journal of Cleaner Production* 51:245–260.
- Cheng BHC, Atlee JM (2007) Research Directions in Requirements Engineering. Future of Software Engineering, Minneapolis.
- Ebert C (2012) Systematisches Requirements Engineering: Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten. 4. Auflage. dpunkt.verlag, Heidelberg.
- Floercke S, Herzfeldt A, Krcmar H (2012) Risiken bei IT-Lösungen – Ein Risikokatalog für Praktiker aus Anbietersicht. *IM – Die Fachzeitschrift für Informationsmanagement und Consulting* 27(4):22–30.
- Floercke S, Wolfenstetter T, Krcmar H (2015) Hybride Produkte – Stand der Literatur und Umsetzung in der Praxis. *IM+IO – Die Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management* 30(2):61–66.
- Galvao I, Goknil A (2007) Survey of Traceability Approaches in Model-driven Engineering. IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, Annapolis.
- Glaser BG, Strauss AL (1967) The Discovery of Grounded Theory: Strategies for qualitative Research. 1. Auflage. Aldine, New York.
- Gotel O, Finkelstein A (1994) An Analysis of the Requirements Traceability Problem. First International Conference on Requirements Engineering, Colorado Springs.
- Gotel O, Finkelstein A (1995) Contribution Structures [Requirements Artifacts]. IEEE International Symposium on Requirements Engineering, York.
- Günterberg B, Kayser G (2004) SMEs in Germany – Facts and Figures 2004. *IfM-Materialien* 161:1–33.
- Herzfeldt A, Schermann M, Krcmar H (2010) Towards a Set of Requirements for a Holistic IT Solution Engineering Approach. Australasian Conference on Information Systems, Brisbane.
- Jarke M (1998) Requirements Tracing. *Communications of the ACM* 41(12):32–36.
- Knackstedt R, Pöppelbuß J, Winkelmann A (2008) Integration von Sach- und Dienstleistungen – Ausgewählte Internetquellen zur hybriden Wertschöpfung. *Wirtschaftsinformatik* 50(3):235–247.
- Kotonya G, Sommerville I (1998) Requirements Engineering: Processes and Techniques. 1. Auflage. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Krcmar H, Goswami S, Wolfenstetter T (2014) Anforderungsmanagement für Produkt-Service Systeme. In: Vogel-Heuser B, Lindemann U, Reinhart G (Hrsg) Innovationsprozesse zyklensorientiert managen: Verzahnte Entwicklung von Produkt-Service Systemen. 1. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, 106–122.

- Langer S, Lindemann U (2009) Managing Cycles in Development Processes – Analysis and Classification of external Context Factors. 17th International Conference on Engineering Design, Stanford.
- Leimeister JM, Glauner C (2008) Hybride Produkte – Einordnung und Herausforderungen für die Wirtschaftsinformatik. *Wirtschaftsinformatik* 50(3):248–251.
- Maeder P, Riebisch M, Philippow I (2006) Traceability for Managing Evolutionary Change. International Conference on Software Engineering and Data Engineering, Los Angeles.
- Mayring P (2010) *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 11. Auflage. Beltz, Weinheim.
- Meuser M, Nagel U (1991) Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. In: Kraimer K (Hrsg) *Qualitativ-empirische Sozialforschung – Konzepte, Methoden, Analysen*. 1. Auflage. Westdeutscher Verlag, Upladen, 441–471.
- Pinheiro FAC (2004) Requirements Traceability. In: Prado Leite JC, Doorn JD (Hrsg) *Perspectives on Software Requirements*. 1. Auflage. Springer, Boston, 91–113.
- Pohl K (2008) *Requirements Engineering: Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. 2. Auflage. dpunkt.verlag, Heidelberg.
- Ramesh B, Jarke M (2001) Toward Reference Models for Requirements Traceability. *IEEE Transactions on Software Engineering* 27(1):58–93.
- Sahraoui A (2005) Requirements Traceability Issues: Generic Model, Methodology and Formal Basis. *International Journal of Information Technology & Decision Making* 4(1):59–80.
- Spanoudakis G, Zisman A (2005) Software Traceability: A Roadmap. In: Chang SK (Hrsg) *Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering*. 1. Auflage. World Scientific, New Jersey, 395–428.
- Sturm F, Bading A (2008) Investitionsgüterhersteller als Anbieter industrieller Lösungen – Bestandsaufnahme des Wandels anhand einer Umfrage. *Wirtschaftsinformatik* 50(3):174–186.
- Torkar R, Gorschek T, Feldt R, Svahnberg M, Raja UA, Kamran K (2012) Requirements Traceability: A systematic Review and Industry Case Study. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering* 22(3):385–433.
- Tuli KR, Kohli AK, Bharadwaj SG (2007) Rethinking Customer Solutions: From Product Bundles to Relational Processes. *Journal of Marketing* 71(3):1–17.
- Wolfenstetter T, Floerecke S, Böhm M, Krcmar H (2015a) Analyse der Eignung domänenspezifischer Methoden der Anforderungsverfolgung für Produkt-Service-Systeme. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, Osnabrück.
- Wolfenstetter T, Bründl S, Füller K, Böhm M, Krcmar H (2015b) Towards a Requirements Traceability Reference Model for Product Service Systems. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Sevilla.
- Wolfenstetter T, Goswami S, Krcmar H (2013) Herausforderungen auf dem Weg zu einer zyklengerechten Requirements Traceability für Produkt-Service Systeme. *Zyklusmanagement Aktuell* 4(3):7–9.

# **Continuous-Auditing-Systeme: Rahmenwerk zur Gestaltung von Informationssystemen für kontinuierliche Prüfungsdienstleistungen**

**Andreas Kiesow<sup>1</sup> und Oliver Thomas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universität Osnabrück, Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik,  
andreas.kiesow@uni-osnabrueck.de, oliver.thomas@uni-osnabrueck.de

## **Abstract**

Die Prüfung rechnungslegungsrelevanter Prozesse als zentrale Dienstleistung von Prüfungsgesellschaften befindet sich durch den zunehmenden regulatorischen Druck und die steigenden Volumina von Rechnungslegungsdaten in einem verschärften Spannungsfeld. In diesem Zusammenhang werden in der Forschung die Digitalisierung von Prüfungsprozessen und die Entwicklung von *Continuous-Auditing* (CA)-Systemen diskutiert. CA-Systeme liefern zeitnah verfügbare und qualitativ hochwertige Prüfungsergebnisse und dienen somit als Unterstützung für die Jahresabschlussprüfung. Allerdings konnten sich CA-Systeme aufgrund vielfältiger Limitationen noch nicht flächendeckend in der Praxis verbreiten. Dieser Situation wird in dieser Arbeit mit dem Entwurf einer Designtheorie für die Gestaltung von CA-Systemen Rechnung getragen. Dazu wurde unter Anwendung eines heuristischen Ansatzes und unter Beachtung etablierter Designkomponenten ein gestaltungstheoretisches Rahmenwerk entwickelt. Dieses Rahmenwerk stellt Probleme, Meta-Anforderungen und Lösungskomponenten zusammen und unterstützt somit Wissenschaftler und Praktiker bei der Konzeption von CA-Systemen.

## **1 Einführung**

Zunehmender regulatorischer Druck und wachsendes Datenmaterial in der Rechnungslegung stellt die Prüfung von Jahresabschlüssen als gleichermaßen verpflichtende wie notwendige Dienstleistung vor enorme Herausforderungen. Als Reaktion auf die jüngste Finanz- und Wirtschaftskrise verabschiedete das Europäische Parlament die ab dem 17. Juni 2016 inkrafttretende Verordnung 537/2014 sowie die begleitende Richtlinie 2014/56/EU. Dadurch soll der Markt der Abschlussprüfer in der Europäischen Union reformiert werden, was insbesondere erhöhte regulatorische Anforderungen an die Unabhängigkeit von externen Abschlussprüfern, verschärfte Qualitätskriterien und die verpflichtende externe Prüferrotation bei Unternehmen des öffentlichen Interesses beinhaltet. Für die Abschlussprüfer bedeutet das eine Zunahme von Erstprüfungen bei gleichzeitig verkürzten Einarbeitungs- und Anlaufphasen von Jahresabschlussprüfungen. Zusätzlich erfordert das progressiv-steigende Volumen rechnungslegungsrelevanter Daten und

deren Prüfung neue Werkzeuge und Techniken, um die Effizienz und Qualität der Jahresabschlussprüfungen weiterhin sicherzustellen (Fochler et al. 2013).

In diesem Zusammenhang werden in der Forschung die Digitalisierung von Prüfungsprozessen und kontinuierliche Prüfungsansätze (engl. *continuous auditing*, CA) diskutiert, die die automatisierte Untersuchung von im Vorfeld definierten Prüfungsgegenständen auf Basis a priori definierter Regeln in Echtzeit oder quasi Echtzeit ermöglichen (u. a. Groomer und Murthy 1989; Vasarhelyi und Halper 1991; Rezaee et al. 2001). CA-Systeme werden in diesem Kontext als komplexe, interorganisationale Systeme verstanden, die eine umfassende Unterstützung der Jahresabschlussprüfung als zentrale Dienstleistung von Wirtschaftsprüfungsgesellschaften leisten. In Forschung und Praxis wird eine erhöhte Nachfrage nach Prüfungsergebnissen basierend auf Echtzeitinformation und somit nach CA-Systemen wahrgenommen (Marten et al. 2015), da Wissenschaftler wie auch Praktiker davon ausgehen, dass die Einführung von CA-Systemen sowohl Effizienz als auch Qualität von Prüfungen erhöhen kann. Trotzdem werden in der Praxis häufig immer noch manuelle Prüfungshandlungen auf der Basis historischer Daten (z. B. stichprobenhafte Belegprüfungen) angewendet. Die Unterstützung durch computer-assistierte Prüfungstools und -techniken (engl. *computer-assisted audit tools and techniques*, CAATs) wird eher rein punktuell durch Spezialisten im Rahmen von Jahresabschlussprüfungen durchgeführt (Marten et al. 2015). Bislang konnte bei keinem CA-System die Transformation über das Stadium einer konzeptionellen prototypischen Umsetzung hin zu einem marktreifen Produkt vollzogen werden (z. B. Alles et al. 2008). Der von Wissenschaftlern in diesem Zusammenhang häufig prognostizierte Wandel des Prüfungsgeschäfts von einer manuellen, auf Daten der Vergangenheit ausgerichteten Jahresabschlussprüfung zu einer kontinuierlichen Prüfung auf Basis eines integrierten Service Systems konnte in der Praxis bislang noch nicht beobachtet werden (Byrnes et al. 2012).

Gegenstand des vorliegenden Artikels ist die Entwicklung eines gestaltungstheoretischen Rahmenwerks, das Wissenschaftler und Praktiker bei der Konzeption und Umsetzung von CA-Systemen unterstützt. Dazu wird ein heuristischer Ansatz zur proaktiven Theoriebildung in Anlehnung an Gregory und Muntermann (2014) angewendet. Dieses iterative Verfahren wurde genutzt, um ausgehend von einer initialen Problemstrukturierung Meta-Anforderungen abzuleiten und mögliche Lösungskomponenten zu entwerfen. Aus Sicht der Autoren ist diese gestaltungsorientierte Form der Theoriebildung wichtig, um generalisierbare Beiträge zur Wissensbasis zu produzieren. Daher liegt der theoretische Wert dieses Artikels in der Strukturierung und Dekomposition relevanter Problemstellungen bei der Umsetzung von CA-Systemen in Teilprobleme, wobei die Limitationen bisheriger CA-Systeme berücksichtigt werden. Anschließend werden im Sinne einer heuristischen Theoriebildung daraus abgeleitete Meta-Anforderungen zu einem neuartigen Lösungsansatz weiterentwickelt.

Der vorliegende Artikel ist wie folgt strukturiert: Im Anschluss an eine kritische Würdigung des Forschungsstands (Abschnitt 2) und dem zu Grunde gelegten Forschungsansatz (Abschnitt 3), wird das gestaltungstheoretische Rahmenwerk eingeführt und beschrieben (Abschnitt 4). Darauf folgt die Bewertung des Rahmenwerks anhand etablierter Designkomponenten (Abschnitt 5). Der Beitrag schließt mit einem zusammenfassenden Fazit und einem Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten (Abschnitt 6).

## 2 Theoretischer Hintergrund

Die kontinuierliche Prüfung rechnungslegungsrelevanter Daten wird seit Mitte der 1970er Jahre in der Wissenschaft diskutiert (z. B. Kunkel 1974). Mit der Verbreitung von Personal Computern in den 1980er Jahren und der dezentralen Verfügbarkeit rechnungslegungsrelevanter Daten wurde die automatisierte Auditierung von sog. Online-Systemen durch digitale Prüfungswerkzeuge Gegenstand der Forschung (Vasarhelyi 1983; Koch 1984). In diesen Forschungsbeiträgen wurden bereits wesentliche Fragestellungen für die erfolgreiche Umsetzung automatischer Prüfungen erörtert: Verfügbarkeit und Zugriff rechnungslegungsrelevanter Daten, technische Abhängigkeit von Mandantensystemen und damit beeinträchtigte Unabhängigkeit von Prüfungsgesellschaft. Für die Entwicklung von CA-Systemen nachhaltige Ergebnisse erzielten *Groomer* und *Murthy* (1989) sowie *Vasarhelyi* und *Halper* (1991), die mit *Embedded Audit Modulen* (EAM) und der Vorstellung von Grobarchitekturen sowie den ersten prototypischen Umsetzungen von CA-Systemen den Grundstein für die moderne CA-Forschung legten. In einer gemeinsamen Studie definierte das *Canadian Institute of Chartered Accountants* (CICA) und das *American Institute of Certified Public Accountants* (AICPA) die kontinuierliche Prüfung als eine Methode, die den externen Abschlussprüfern zeitgleich oder kurze Zeit nach dem Eintreten eines prüfungsrelevanten Sachverhalts dokumentierte und nachvollziehbare Prüfungssicherheit darüber liefert (CICA/AICPA 1999).

Durch das Inkrafttreten des sog. „Sarbanes-Oxley-Act“ (U.S. House of Representatives 2002) im Jahr 2002 verschärften sich die Anforderungen an die externe Abschlussprüfung für Konzerne, die an der US-amerikanischen Börse notiert waren. Infolgedessen wurde in CA-Systemen ein großes Potenzial zur Adressierung dieser Anforderungen gesehen, weswegen sich die Anzahl von Publikationen in der CA-Forschung in den Folgejahren erhöhte. Gegenstand dieser Publikationen war unter anderem die Weiterentwicklung von EAM (Debreceeny et al. 2003; Debreceeny et al. 2005) sowie die Einführung des *Monitoring und Control Layers* (MCL; Vasarhelyi et al. 2004). Weitere Beiträge thematisierten die Weiterentwicklung der IT-gestützten Prüfung und somit die Veränderung traditioneller Prüfungsansätze (Alles et al. 2002; Rezaee et al. 2002). In diesem Zusammenhang werden unter anderem auch die Ausdehnung auf Überwachungsfunktionen des Managements im Sinne eines *Continuous Business Monitorings* (CBM, Gehrke 2009) sowie die Erweiterung von *General Audit Software* (GAS) zu einer Web 2.0 Plattform (Gehrke und Wolf 2010) diskutiert. Gegenstand der Fachliteratur und eng mit kontinuierlichen Prüfungsansätzen verknüpft, ist zudem die Analyse von Anforderungen zur Digitalisierung der Prüfung rechnungslegungsrelevanter Prozesse (engl. *process audits*, Schultz et al. 2012; Müller-Wickop et al. 2013). Publikationen jüngerer Datums beinhalten häufig die prototypische Umsetzung von CA-Systemen in unternehmensspezifischen Einzelszenarien durch Fallstudien (z. B. Alles et al. 2008; Singh et al. 2014).

Die zunehmende Anzahl von Publikationen und die Relevanz von CA führten zu verschiedenen vergleichenden Analysen bisheriger Konzepte und Arbeiten zum Stand der Forschung in diesem Bereich (z. B. Brown et al. 2007; Kuhn und Sutton 2010; Chiu et al. 2014). Eine besondere Bedeutung wurden insbesondere Arbeiten zu Nachfragefaktoren, Umsetzungstechniken sowie ökonomischen Betrachtungen beigemessen. Insgesamt herrscht in der Fachliteratur Einigkeit darüber, dass CA zu einer Steigerung von Effizienz und Qualität der Prüfungsleistung beitragen kann.

Nichtsdestotrotz besteht weiterhin ein enormer Forschungsbedarf in diesem Bereich, da trotz des Nutzens von CA-Systemen bislang noch keine flächendeckende Verbreitung in der externen

Revision stattgefunden hat (Byrnes et al. 2012; Vasarhelyi et al. 2012). Die Ursachen dafür sind vielfältig: Limitationen sind bspw. die Begrenzung auf eine Organisation, die Beeinträchtigung der Unabhängigkeit externer Prüfer oder die Weiterverwendung implementierter CA-Systeme bei externer Rotation. Obwohl in zahlreichen Artikeln die Schwierigkeiten und Limitationen bei der CA-Konzeption diskutiert werden, wurde deren Transformation in eine Designtheorie im Schrifttum bislang nicht ausreichend behandelt. Diese Beurteilung des Forschungsstandes zeigt den Bedarf an einem theoretischen Rahmenwerk auf, in dem Probleme, Anforderungen und Lösungskomponenten zur Gestaltung von CA-Systemen adressiert werden.

### 3 Forschungsansatz

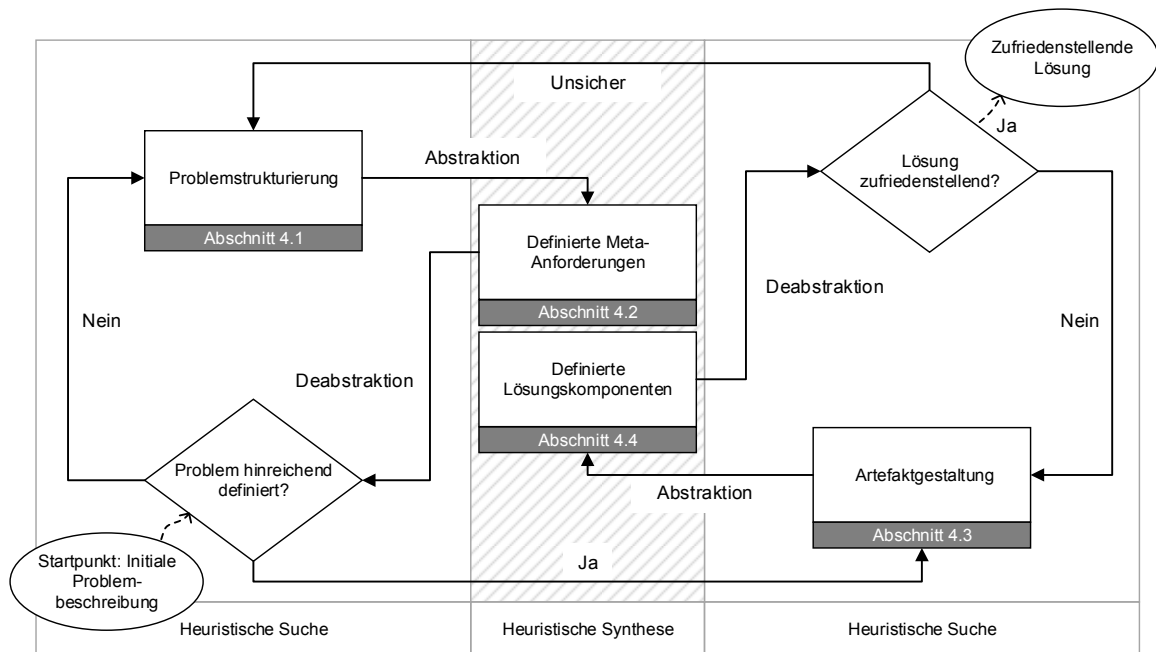
Die Aufgabe der CA-Forschung besteht darin, durch die Untersuchung und Nutzbarmachung von Informations- und Kommunikationstechnik die interne und externe Revision bei der Prüfung rechnungslegungsrelevanter Sachverhalte zu unterstützen. Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt wurde, ist diese Aufgabe eng verbunden mit der Entwicklung und der Evaluation von informationstechnologischen Artefakten (d.h. Konstrukten, Modellen, Methoden und Instanziierungen, March und Smith 1995). *Design Science Research* (DSR, Hevner et al. 2004; Österle et al. 2011) ist somit der dominierende Forschungsansatz in der CA-Forschung (Alles et al. 2013).

Wie allerdings im vorherigen Abschnitt auch aufgezeigt wurde, konnten sich CA-Systeme bislang nicht in der Praxis verbreiten, da verschiedene interne und externe Anforderungen bei der Gestaltung von CA-Systemen nicht oder nur unzureichend erfüllt werden. Aus gestaltungsorientierter Sicht ist festzuhalten, dass die bisherigen prototypischen Instanziierungen zwar in individualisierten Einzelszenarien funktionieren, allerdings keine zufriedenstellenden Lösungen im Sinne einer Adaptionsfähigkeit darstellen. Diese Erkenntnis begründet aus Sicht der Autoren die Notwendigkeit, die Problemstellung und die Anforderungen an die Gestaltung von CA-Systemen noch fundierter zu beschreiben. Dabei wird die Gestaltung von Artefakten als Problemlösungsprozess verstanden, bei dem ausgehend von der initialen Konstruktion einer Problembeschreibung Anforderungen an die Gestaltung der Artefakte abgeleitet werden (Simon 1978).

Die Autoren dieses Papiers entschieden sich zur Entwicklung einer Designtheorie für die CA-Forschung für die Anwendung der Heuristischen Theoriebildung in Anlehnung an Gregory und Muntermann (2014), da dieser Ansatz die wechselseitige Beziehung zwischen Problemstrukturierung und Artefaktgestaltung berücksichtigt. Zudem geben die Autoren dieser Herangehensweise den Vorzug gegenüber vergleichbaren Ansätzen (*grounded theorizing*, *applied science research*, *action design research* und *engaged scholarship*), da sie durch die proaktive Nutzung von Heuristiken sowohl zu einem besseren Verständnis des Theoriebildungsprozesses als auch zu einer iterativen Generierung von Expertise und damit Anreicherung der theoretischen Wissensbasis beiträgt.

Wesentliches Merkmal des gewählten Vorgehens ist die Anwendung von Heuristiken zur Problemstrukturierung und Artefaktgestaltung. Dabei wird zwischen Heuristischer Suche und Heuristischer Synthese unterschieden. Unter der *Heuristischen Suche* wird die iterative Generierung von Design Theorien durch die wechselseitige Beziehung zwischen Problemstrukturierung und Artefaktgestaltung verstanden. Die *Heuristische Synthese* hingegen umfasst die Extraktion von relevanten, theoretischen Erkenntnissen aus der Information, die bei der Heuristischen Suche generiert wird. Die Überleitung von Heuristischer Suche zur Synthese beschreibt die *Abstraktion* der Information von spezifischen Details, wie z. B. Zeit und Ort der

Entstehung. Das führt einerseits zu den Meta-Anforderungen, die aus der Problemstrukturierung abgeleitet werden sowie andererseits zu den Lösungskomponenten, die aus der Artefaktgestaltung entwickelt werden. Die entgegengesetzte Richtung kennzeichnet die *Deabstraktion* der Information, d.h. das Herunterbrechen von universellen Erkenntnissen zu Besonderheiten der jeweiligen Strukturierungs- oder Gestaltungsaufgabe (Gregory und Muntermann 2014). Bild 1 zeigt die zugrunde gelegte Vorgehensweise und die Referenzen auf die Abschnitte in diesem Artikel, in denen die Schritte beschrieben werden.



**Bild 1: Vorgehensweise zur heuristischen Theoriebildung (Gregory und Muntermann 2014)**

## 4 Continuous-Auditing Rahmenwerk

### 4.1 Problemstrukturierung

Zu Beginn wurde auf Grundlage der relevanten Fachliteratur eine initiale Problembeschreibung aufgestellt, die als Einstiegspunkt in den Suchprozess verwendet wurde:

*Entwicklung und Implementierung einer IT-Lösung, die die kontinuierliche Prüfung rechnungslegungsrelevanter Daten durch Wirtschaftsprüfer unabhängig von den eingesetzten Systemen des Mandanten ermöglicht.*

Unter Verwendung einer Klassifizierungsheuristik wurden aus dieser Problembeschreibung drei *Problemklassen* (PK) abgeleitet, auf denen anschließend über Dekompositionsverfahren einzelne Teilprobleme identifiziert wurden. Die erste Problemklasse (PK1) *Daten* umfasst Teilprobleme, die mit der Bereitstellung und der Aufbereitung des rechnungslegungsrelevanten Datenmaterials aus den Buchhaltungssystemen des Mandanten zusammenhängen. Durch die Dekomposition dieses Problems konnten die folgenden Teilprobleme abgeleitet werden: Wird CA in den als EAM in den Systemen des Mandanten implementiert, kommt es zu einer (PK1.1) *Beeinträchtigung des Regelbetriebs in den Buchhaltungssystemen des Mandanten*. Liegen Daten aus unterschiedlichen Systemen vor, sind diese für gewöhnlich durch Strukturvariationen gekennzeichnet ((PK1.2), *Heterogenität der Daten*). Durch die Rechnungslegungsrelevanz können *Daten aus*

*Buchhaltungssystemen Ziel für fraudulente, d.h. betrügerische, Handlungen sein (PK1.3). Werden Daten ausgelagert, besteht die Gefahr, dass ein unberechtigter Zugriff auf diese Daten erfolgt, d.h. Datenschutz und Datensicherheit werden relevante Aspekte (PK1.4).*

Die zweite Problemklasse (PK2) *Kontinuität* umfasst im Wesentlichen ein zentrales Problem: den (PK2.1) *Zeitverzug zwischen Entstehung und Prüfung eines Geschäftsvorfalles*. Wird, wie in der traditionellen Abschlussprüfung, der Abstand zwischen Entstehung und Prüfung des Geschäftsvorfalles zu groß, besteht das Risiko, dass wesentliche Fehldarstellungen zu spät erkannt und behoben werden. Dieser Sachverhalt steht im Konflikt mit dem Kernziel des kontinuierlichen Prüfungsansatzes.

Die dritte Problemklasse (PK3) *Prüfung* beinhaltet Aspekte, die den Prüfungsauftrag und die Prüfungshandlungen der des Abschlussprüfers betreffen. Durch eine erneute Dekomposition wurden vier wesentliche Teilprobleme abgeleitet: erstens die (PK3.1) *Beeinträchtigung der Unabhängigkeit des Abschlussprüfers* durch die starke Einbindung bei der Realisierung von CA-Konzepten, zweitens der durch Reformierung des Audit-Marktes in der EU zunehmenden Wechsel von Prüfern ((PK3.2) *Prüferrotation*), drittens und viertens mangelnde Nachvollziehbarkeit der (PK3.3) *Prüfungshandlungen* und (PK3.4) *Prüfungsergebnisse*.

Im Sinne des iterativen Ansatzes war die Identifikation der Teilprobleme kein einmaliger Vorgang. Durch die im folgenden Abschnitt 4.3 beschriebenen Maßnahmen zur Artefaktgestaltung wurden schrittweise neue Teilprobleme identifiziert und bestehende Teilprobleme ergänzt oder neu formuliert. Dieser Vorgang beeinflusste anschließend wiederum die Definition der Meta-Anforderungen und Generierung der Lösungskomponenten.

## 4.2 Meta-Anforderungen

Aus der Strukturierung des Problems in Teilbereiche erfolgte die Synthese, d.h. die Ableitung von Meta-Anforderungen. Durch die Abstraktion der Meta-Anforderungen vom spezifischen Anwendungskontext werden daraus Ziele oder eine Klasse von Zielen, die Artefakte spezifizieren und somit den Geltungsbereich und die Grenzen der angestrebten Design Theorie festlegen (Walls et al. 1992). Tabelle 1 verdeutlicht den Gesamtzusammenhang zwischen den abgeleiteten Teilproblemen und den daraus entwickelten 14 Meta-Anforderungen.

Aus Sicht der Autoren dieses Papiers sind insbesondere die Meta-Anforderungen relevant, die in Verbindung mit der *Systemunabhängigkeit* (MA2, Daten müssen unabhängig vom Herkunftssystem des Mandaten in auswertbarer Form vorliegen), der *Kontinuität der Prüfung* (MA6, Extraktion der Daten; MA7, Auswertung der Daten; MA8, Plausibilisierung der Daten), der (MA9) *Unabhängigkeit des Abschlussprüfers* entsprechend regulatorischer Anforderungen sowie der *Rotation der Prüfungsgesellschaft* (MA10; CA-System muss trotz Rotation weiter nutzbar bleiben; MA 11, limitierter Datenzugriff) stehen. Diese Relevanz ergibt sich, wie eingangs erwähnt, aus der bevorstehenden Reformierung des Audit-Sektors in der Europäischen Union und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Prüfung von Rechnungslegungsprozessen.



1. Problemstrukturierung				2. Meta-Anforderungen		3. Heuristiken zur Artefaktgestaltung	4. Lösungskomponenten		Beschreibung
Nr.	Problemklasse	Nr.	Teilproblem	Nr.	Anforderung		Nr.	Komponente	
PK1	Daten	PK1.1	Beeinträchtigung des Regelbetriebs in den Buchungssystemen des Mandanten	MA1	Daten müssen aus den Buchungssystemen des Mandanten exportiert werden	Analogical Design	LK1	Datenexportroutine	Aus Systeme der Mandanten über vorhandene Schnittstellen oder Modulaufsatz (z.B. SAP ABAP, XBRL, CSV)
		PK1.2	Heterogenität der Daten	MA2	Daten müssen unabhängig vom Herkunftssystem und Mandanten in auswertbarer Form vorliegen	Modeling	LK2	Converter	Herstellung der Strukturgleichheit
		PK1.3	(Rechnungslegungrelevante) Daten sind Ziel für fraudulente Handlungen	MA3	Daten müssen vor nachträglichen Veränderungen durch den Mandanten (absichtlich oder unabsichtlich) geschützt sein	Modeling	LK3	Meta-Datenformat	Vereinheitlichung von Daten aus unterschiedlichen Systemen
						Modeling	LK4	Datenimport in Audit-Datwarehouse	Über gesicherte Datenverbindung
		PK2	Kontinuität	PK2.1	Zeitverzug zwischen Entstehung und Prüfung eines Geschäftsvorfalles	MA4	Daten dürfen nur der Prüfungsgesellschaft zur Verfügung stehen, die gemäß Prüfungsauftrag dazu berechtigt sind	Modeling	LK5
Modeling	LK6							Datenexport aus Audit-Datwarehouse	Über gesicherte Datenverbindung
Analogical Design	LK8							Anonymisierung	Bspw. Variablenunterdrückung mit Ersatzinformationen die keinen Rückschluss auf vertrauliche (z. B. personenbezogene) Daten zulassen
Analogical Design	LK9							Deanonymisierung	Verknüpfung mit Zusatzwissen zur Wiederherstellung der Nachvollziehbarkeit für Prüfer
PK3	Prüfung	PK3.1	Beeinträchtigung der Unabhängigkeit des Abschlussprüfers	MA5	Datenhaltung muss logischen und physischen Sicherheitsbestimmungen entsprechen	Analogical Design	LK11	Berechtigungslogik	Rollenkonzept, dass die Zuordnung Prüfer zu Mandant beschreibt
						Analogical Design	LK7	Zertifiziertes Rechenzentrum	Physische Datenhaltung
						Analogical Design	LK1	Datenexportroutine	Aus Systeme der Mandanten über vorhandene Schnittstellen oder Modulaufsatz (z.B. SAP ABAP, XBRL, CSV)
						Modeling	LK6	Audit-Spezifische Validierungssprache	Erstellung von Abfragen sowie Prüfroutinen im Vorfeld
						Modeling	LK5	Audit-Datwarehouse	Logische Datenhaltung, Aufbereitung
		PK3.2	Prüferrotation	MA6	Plausibilisierung der Ergebnisse muss zeitnah erfolgen (Laufendes Monitoring)	Analogical Design	LK10	Repräsentation	Unmittelbare Darstellung der Prüfungsergebnisse
						Modeling	LK0	Auslagerung der technischen Routinen an spezialisierten Softwaredienstleister	Erweiterung der Wertschöpfungskette, Spezialisierung eines Akteurs auf Datenbeschaffung und -auswertung
						Modeling	LK0	Auslagerung der technischen Routinen an spezialisierten Softwaredienstleister	Erweiterung der Wertschöpfungskette, Spezialisierung eines Akteurs auf Datenbeschaffung und -auswertung
						Analogical Design	LK11	Berechtigungslogik	Rollenkonzept, dass die Zuordnung Prüfer zu Mandant beschreibt
						Modeling	LK6	Audit-Spezifische Validierungssprache	Erstellung von Abfragen sowie Prüfroutinen im Vorfeld
PK3.3	Mangelnde Nachvollziehbarkeit der Prüfungshandlungen	MA7	Prüfungsergebnisse müssen verständlich und nachvollziehbar dargestellt sein	Analogical Design	LK10	Repräsentation	Unmittelbare Darstellung der Prüfungsergebnisse		
				Modeling	LK5	Audit-Datwarehouse	Logische Datenhaltung, Aufbereitung		
				Modeling	LK5	Audit-Datwarehouse	Logische Datenhaltung, Aufbereitung		
				Modeling	LK5	Audit-Datwarehouse	Logische Datenhaltung, Aufbereitung		

Tabelle 1: Rahmenwerk für die Gestaltung von Continuous-Auditing-Systemen

### 4.3 Artefaktgestaltung

Das zweite Element der Heuristischen Suche ist die Artefaktgestaltung. Im Rahmen dieser Suche wurden die Heuristiken Analogical Reasoning und Modeling angewendet. *Analogical Reasoning* wird definiert als „eine Form von Erkennen, wobei die Ähnlichkeiten zwischen neuen und verstandenen Konzepten miteinander verglichen werden und dieser Vergleich benutzt wird, um ein Verständnis des neuen Konzepts zu gewinnen“ (Vaishnavi und Kuechler 2015). Unter *Modeling* wird das Erzeugen und Experimentieren mit verschiedenen Problemlösungsmöglichkeiten verstanden, um eine grafische, konzeptionelle oder technische Beschreibung der angestrebten Lösungskomponente zu erhalten (Gregory und Muntermann 2014). Dabei war das vorrangige Ziel, Heuristiken zur iterativen Generierung neuer Lösungsansätze und deren Bewertung hinsichtlich des Erfüllungsgrades der im Vorfeld identifizierten Meta-Anforderungen zu nutzen. Somit sollte schrittweise der Abstand zwischen der im Entstehen begriffenen Artefakte und den Meta-Anforderungen an die Problemlösung reduziert werden (Gregory und Muntermann 2014).

Zur Anwendung der Heuristiken wurden semi-strukturierte Interviews in Form von Eins-zu-Eins-Diskussionen mit einem Experten in der IT-gestützten Prüfung von Rechnungslegungsprozessen und einem Experten im Bereich der Integration von Enterprise Anwendungen durchgeführt. Beide Experten wiesen eine Berufserfahrung von jeweils mehr als zehn Jahren auf und haben in ihren Unternehmen Führungspositionen inne. Die Wahl von Experteninterviews wurde als angemessen beurteilt, da der Forschungsgegenstand mit einer weitreichenden Problemstellung verbunden ist und die Autoren dieses Papiers die Ansicht von Praktikern und deren Einschätzungen zu relevanten Fragestellungen berücksichtigen wollen (Blumberg et al. 2011).

Die Interviews wurden mit der initialen Problembeschreibung sowie einer temporären Lösung, die bereits im Vorfeld als unsicher eingestuft wurde, begonnen. Die Struktur der Interviews wurde durch die abgeleiteten Teilprobleme und Meta-Anforderungen vorgegeben. Für jede Meta-Anforderung wurde entweder durch analoges Schließen auf eine ähnliche Situation (Analogical Reasoning) oder der konzeptionellen Modellierung (Modeling) ein Lösungsvorschlag erarbeitet (siehe Tabelle 1). Wie bereits in Abschnitt 4.1 beschrieben, wurden durch die Anwendung der genannten Heuristiken im Rahmen der semi-strukturierten Interviews weitere Teilprobleme aufgedeckt und ergänzt. Diese Vorgehensweise wurde solange durchgeführt, bis beide Experten die temporär bestehenden Lösungsansätze als zufriedenstellend beurteilten (siehe Vorgehen in Bild 1). Tabelle 1 stellt das vorläufige Ende des iterativen Vorgehens dar.

### 4.4 Lösungskomponenten

Durch das im vorherigen Unterabschnitt beschriebene Vorgehen zur Artefaktgestaltung wurden schließlich *Lösungskomponenten* LK1 bis LK11 generiert, die die identifizierten Meta-Anforderungen adressieren (siehe Tabelle 1). Die grundsätzliche Lösungsansatz (LK0) umfasst die *Auslagerung des Prüfungsprozesses an einen spezialisierten Softwaredienstleister*, was die Unabhängigkeit des Abschlussprüfers und die Wiederverwendbarkeit des CA-Systems sicherstellen soll. Die Trennung von Extraktion und Auswertung erfordert eine Transformationsschicht, die sich aus folgenden Bestandteilen zusammensetzt: (LK1) *Datenexportroutinen* ermöglichen den Export der Rechnungslegungsdaten aus unterschiedlichen Systemen. Die dann vorliegenden heterogenen Daten werden mithilfe von (LK2) *Convertern* in ein einheitliches, standardisiertes, aber branchenspezifisches (LK3) *Meta-Datenformat* übertragen. Der generierte Datenabzug wird über eine (LK4) *Datenimportschnittstelle* in ein (LK5) *Audit-Datawarehouse* transferiert. Die Auswertung erfolgt über eine (LK6) *audit-spezifische Validierungssprache*, mit der Standardauswertungen vordefiniert

werden und zusätzlich weitere Auswertungen erstellt werden können. Schutz und Sicherheit der Daten werden durch deren Haltung in einem (LK7) *zertifizierten Rechenzentrum* sichergestellt. Über eine (LK8) *Anonymisierungskomponente* wird zusätzlich die Vertraulichkeit der sensiblen Daten erreicht. Die anonymisierten Ergebnisse werden anschließend über eine (LK4) *Datenexportschnittstelle* an das geprüfte Unternehmen zurücktransferiert und dort einer (LK9) *Komponente zur Deanonimisierung* wieder vollständig lesbar gemacht. Die Ergebnisse werden für die (LK10) *Repräsentation*, z. B. in einem Audit-Dashboard, automatisch aufbereitet. Durch eine (LK11) *Berechtigungslogik* (Benutzerrollen und -gruppen) wird sichergestellt, dass nur der gerade beauftragte Wirtschaftsprüfer Zugriff auf die rechnungslegungsrelevanten Daten des Mandanten hat. Wechselt im nächsten Berichtsjahr die Prüfungsgesellschaft, ist lediglich die Ankopplung des spezifischen Dashboards an das Berechtigungssystem notwendig, da die rechnungslegungsrelevanten Daten weiterhin kontinuierlich in das Datawarehouse fließen. Die Verknüpfung der einzelnen Lösungskomponenten zu einer Grobarchitektur ist in Bild 2 dargestellt.

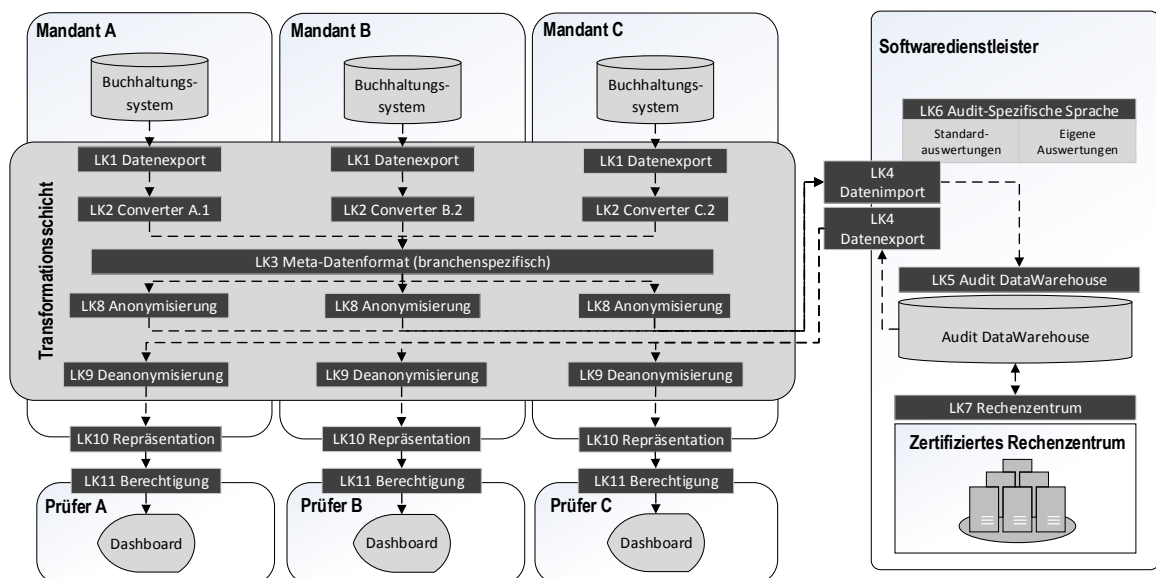


Bild 2: Exemplarische Architektur der Lösungskomponenten

## 5 Diskussion

Zur Diskussion und Bewertung des vorgestellten Rahmenwerks werden die acht Komponenten der Designtheorie (DC) entsprechend *Gregor und Jones (2007)* herangezogen. Daraus leiten sich sowohl der Beitrag zur Wissensbasis als auch die Limitationen und weiterer Forschungsbedarf ab.

(DC1) *Zweck und Zielsetzung* des Rahmenwerks wurden durch die Formulierung und Strukturierung des Problems sowie der Ableitung von Meta-Anforderungen durch den iterativen Ansatz adressiert. Ziel ist die Unterstützung bei der Gestaltung von CA-Systemen. Wesentliche (DC2) *Konstrukte*, d.h. Objekte, die innerhalb der Theorie von Bedeutung sind, sind dabei rechnungslegungsrelevante Daten, Kontinuität von Extraktion und Auswertung des Datenmaterials sowie Repräsentation der Prüfungsergebnisse. Diese Konstrukte wurden in Problemklassen strukturiert und waren Ausgangspunkt des Theoriebildungsprozesses. Die (DC3) *Verknüpfung und Funktion* der entwickelten Lösungskomponenten, die in Summe den Bauplan für mögliche Artefakte bilden, wurden in einer exemplarischen Architektur (siehe Bild 2) dargestellt. Um die (DC4) *Anpassungsfähigkeit der Artefakte* entsprechend der Theorie gesichert beurteilen zu können,

ist die Instanziierung von Artefakten notwendig. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass die Anbindung an unterschiedliche Systeme sowie die Entwicklung von Auswertungen durch die audit-spezifische Validierungssprache die flexible Gestaltung von CA-Systemen ermöglichen. Die zentrale (DC5) zu *prüfende Aussage* des vorgestellten Rahmenwerks ist die Anpassungsfähigkeit des Ansatzes unterschiedliche organisationale Rahmenbedingungen, was die Verbreitung von CA-Systemen in die Breite ermöglichen soll. Diese Aussage ist durch die Instanziierung von Artefakten in realitätsnahen Geschäftsumgebungen zu evaluieren. Die (DC6) *Rechtfertigung in Bezug auf die theoretische Wissensbasis* ist durch die direkte Anknüpfung und Adressierung der Limitationen der bisherigen CA-Forschung (siehe Abschnitt 2) gegeben.

(DC7) *Prinzipien der Implementierung* und (DC8) *Prototypische Instanziierungen* sind gemäß Gregor und Jones ergänzende Komponenten und wurden im Rahmen dieser Arbeit ausgeklammert. Ein Rahmenwerk zur Implementierung von CA-Systemen wurde allerdings bereits in einer verwandten Forschungsarbeit vorgestellt (Kiesow et al. 2015). Instanziierungen zum Test und Evaluation auf Basis der vorgestellten Theorie sind Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten. Es ist davon auszugehen, dass diese Instanziierungen neue Erkenntnisse im Sinne des iterativen Verfahrens hervorbringen und sich somit auf die bisher formulierten Teilprobleme und Meta-Anforderungen auswirken werden.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die zunehmende Digitalisierung von Dienstleistungen hat einen enormen Einfluss auf traditionelle Wirtschaftsbereiche und Wertschöpfungsketten. Insbesondere die Prüfung der Finanzberichterstattung als gleichermaßen verpflichtende wie notwendige Dienstleistung der externen Revision steht durch den steigenden regulatorischen Druck im Zuge der Reformierung des Audit-Sektors in der EU sowie wachsender Komplexität bei der Verarbeitung von rechnungslegungsrelevanten Daten vor einem grundlegenden Veränderung.

CA-Systeme versprechen den umfassenden Bedarf an zeitnah verfügbaren und qualitativ hochwertigen Prüfungsergebnissen zu erfüllen. In dieser Arbeit wurde der erste Entwurf einer Designtheorie für die Gestaltung von CA-Systemen in Form eines Rahmenwerks vorgestellt. Dabei wurden basierend einem iterativen heuristischen Ansatz Problemklassen, Meta-Anforderungen sowie ein erster Lösungsvorschlag abgeleitet.

Im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten ist die Transformation der Lösungskomponenten in eine prototypische Instanziierung geplant. Durch die damit verbundene erneute Iteration im Theoriebildungsprozess wird eine Erweiterung des dargestellten Frameworks und somit ein verstärkter Beitrag zur Wissensbasis angestrebt. Langfristig erwarten die Autoren dieses Papiers die Entwicklung der traditionellen Jahresabschlussprüfung zu einem kontinuierlichen und nahezu vollständig digitalisiertem Ansatz (*Audit-as-a-Service*).

## 7 Referenzen

- Alles MG, Kogan A, Vasarhelyi MA (2008) Putting continuous auditing theory into practice: Lessons from two pilot implementations. *J Inf Syst* 22:195–214.
- Alles MG, Kogan A, Vasarhelyi MA (2002) Feasibility and economics of continuous assurance. *Audit A J Pract Theory* 21:125–138.

- Alles MG, Kogan A, Vasarhelyi MA (2013) Collaborative design research: Lessons from continuous auditing. *Int J Account Inf Syst* 14:104–112.
- Blumberg B, Cooper DR, Schindler PS (2011) *Business research methods* (2nd European ed.). Berkshire, UK.
- Brown CE, Wong JA, Baldwin AA (2007) Research streams in continuous audit: A review and analysis of the existing literature. *J Emerg Technol Account* 4:1.
- Byrnes PE, Ames B, Vasarhelyi M, Warren Jr. JD (2012) *AICPA: The Current State of Continuous Auditing and Continuous Monitoring* (Whitepaper). New York, USA
- Canadian Institute of Chartered Accountants and American Institute of Certified Public Accountants (CICA/AICPA) (1999) *Continuous Auditing*. Research Report. Toronto, Kanada
- Chiu V, Liu Q, Vasarhelyi MA (2014) The development and intellectual structure of continuous auditing research. *J Account Lit* 33:37–57.
- Debreceeny R, Gray GL, Tham W-L, et al (2003) The development of embedded audit modules to support continuous monitoring in the electronic commerce environment. *Int J Audit* 7:169–185.
- Debreceeny RS, Gray GL, Ng JJ-J, et al (2005) Embedded audit modules in enterprise resource planning systems: implementation and functionality. *J Inf Syst* 19:7–27.
- Fochler K, Schmidt AH, Paffrath R (2013) IT-Revision 3.0—Herausforderungen für die interne IT-Revision. *HMD Prax der Wirtschaftsinformatik* 50:20–30.
- Gehrke N (2009) Zur Automatisierung von Revisionsdienstleistungen zwecks Unternehmensüberwachung-Ein Überblick. In: *GI Jahrestagung*. 3760–3774
- Gehrke N, Wolf P (2010) Towards Audit 2.0-A Web 2.0 Community Platform for Auditors. In: *System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference on*. IEEE, 1–10
- Gregor S, Jones D (2007) The anatomy of a design theory. *J Assoc Inf Syst* 8:312–335.
- Gregory RW, Muntermann J (2014) Research Note—Heuristic Theorizing: Proactively Generating Design Theories. *Inf Syst Res* 25:639–653.
- Groomer SM, Murthy US (1989) Continuous auditing of database applications: An embedded audit module approach. *J Inf Syst* 3:53–69.
- Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design science in information systems research. *MIS Q* 28:75–105.
- Kiesow A, Zarvić N, Thomas O (2015) Improving the Success of Continuous Auditing Projects with a Comprehensive Implementation Framework. In: *Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*. AIS, Münster, Germany,
- Koch HS (1984) Auditing on-line systems: an evaluation of parallel versus continuous and intermittent simulation. *Comput Secur* 3:9–19.
- Kuhn JR, Sutton SG (2010) Continuous auditing in ERP system environments: The current state and future directions. *J Inf Syst* 24:91–112.
- Kunkel JG (1974) Continuous auditing by exception. *Manag Account* 56:45–48.
- March ST, Smith GF (1995) Design and natural science research on information technology. *Decis Support Syst* 15:251–266.

- Marten K-U, Quick R, Ruhnke K (2015) *Wirtschaftsprüfung*, 5. edn. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart
- Müller-Wickop N, Schultz M, Nüttgens M (2013) Modeling Concepts for Process Audits – An Empirically Grounded Extension of BPMN. In: *Proceedings of the 21st European Conference on Information System*. Utrecht, Netherlands,
- Österle H, Becker J, Frank U, et al (2011) Memorandum on design-oriented information systems research. *Eur J Inf Syst* 20:7–10.
- Rezaee Z, Elam R, Sharbatoghlie A (2001) Continuous auditing: the audit of the future. *Manag Audit J* 16:150–158.
- Rezaee Z, Sharbatoghlie A, Elam R, McMickle PL (2002) Continuous auditing: Building automated auditing capability. *Audit A J Pract Theory* 21:147–163.
- Schultz M, Müller-Wickop N, Nüttgens M (2012) Key Information Requirements for Process Audits – an Expert Perspective. In: *Proceedings of the 5th International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*. EMISA, Vienna, 137–150
- Simon HA (1978) Information-processing theory of human problem solving. *Handb Learn Cogn Process* 5:271–295.
- Singh K, Best PJ, Bojilov M, Blunt C (2014) Continuous Auditing and Continuous Monitoring in ERP Environments: Case Studies of Application Implementations. *J Inf Syst* 28:287–310.
- U.S. House of Representatives (2002) Public Law No. 107-204. Washington, DC: Government Printing Office
- Vaishnavi VK, Kuechler W (2015) *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, FL
- Vasarhelyi M (1983) A framework for audit automation: Online technology and the audit process. In: *The Accounting Forum*.
- Vasarhelyi MA, Alles M, Kuenkaikaewa S, Little J (2012) The acceptance and adoption of continuous auditing by internal auditors: A micro analysis. *Int J Account Inf Syst* 13:267–281.
- Vasarhelyi MA, Alles MG, Kogan A (2004) Principles of analytic monitoring for continuous assurance. *J Emerg Technol Account* 1:1–21.
- Vasarhelyi MA, Halper FB (1991) The continuous audit of online systems. *Audit A J Pract Theory* 10:110–125.
- Walls JG, Widmeyer GR, Sawy OA El (1992) Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. *Inf Syst Res* 3:36–59.

## **Teilkonferenz**

### **Sicherheit, Compliance und Verfügbarkeit von Geschäftsprozessen**

Die Teilkonferenz beschäftigt sich mit den wichtigsten Sicherheitsaspekten bei Geschäftsprozessen. Es konnten internationale Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zu den Themen Privatsphäre, Verfügbarkeit und Sicherheit gewonnen werden. Geschäftsprozesse sind bislang immer unter dem Aspekt der computergestützten Wirksamkeit modelliert worden. Folgerichtig sind bei den dominanten Modellierungssystemen kaum Werkzeuge vorgesehen, die zusätzlich zur wirtschaftlichen Korrektheit des Modells Sicherheit, Regelkonformität und die Verfügbarkeit beachten. Dies sind für alle Unternehmen wichtig, aber gerade KMU können daraus Vorteile ziehen, da sie dann Änderungen rasch nachvollziehen und sich darauf verlassen können, dass die Anpassung zum einen sicher ist und die Ressourcen schützt. Zum anderen muss aber auch die Einhaltung von Regeln, wie z.B. Basel III und Datenschutz, garantiert werden (Compliance), wie von Accorsi, et al. "Security Workflow Analysis Toolkit." Sicherheit. 2014 gezeigt wurde. Auch stetig wechselnde Mitarbeiter und Rollenverteilungen, Ausfälle von Betriebsmitteln als auch fehlerhafte Bedienung haben Einfluss auf die Verfügbarkeit der Geschäftsprozesse. Besonderer Wert wird von KMU auf die Erweiterung der betriebswirtschaftlichen Steuerungsqualität gelegt, um neue Handlungsmöglichkeiten zu erschließen. Dabei sind vor allem Fallstudien erwünscht. Ebenso sind Beiträge theoretischer Natur wichtig, die Erfahrungen von Sicherheits- und Verfügbarkeitsanalysen durch integrierte Entwurfs- und Optimierungsstrategien aufzeigen.

*Günter Müller, Stefan Sackmann, Richard Zahoransky*

(Teilkonferenzleitung)





# ConFlex – An Ontology-Based Approach for the Flexible Integration of Controls into Business Processes

Tobias Seyffarth<sup>1</sup>, Stephan Kühnel<sup>1</sup>, and Stefan Sackmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Faculty of Law and Economics, Chair of Information Management, {tobias.seyffarth; stephan.kuehnel; stefan.sackmann}@wiwi.uni-halle.de

## Abstract

Actual research approaches out of the business process management in conjunction with the control and compliance theory place new demands on the flexibility of processes. Since current ontologies are not able to depict control and business processes considering these demands, we merged existing approaches and developed the refined and extended ontology ConFlex in the form of a UML class diagram. This artefact is detailed enough to realize the depiction of a flexible ad hoc integration of controls into business processes on instance level at runtime. In the paper, we discuss existing approaches within the thematic context, report on the structure of ConFlex, explain its entities and relations and illustrate the usability based on a running scenario.

## 1 Introduction

The observance of laws, standards, regulations and internal provisions (compliance) is still a big challenge for many companies (Sackmann et al. 2013). Especially through the development of new technologies like cloud computing or big data analytics, companies have to face a steady increase of regulatory provisions (Bagban and Nebot 2014) and have to react in a flexible manner for competitive reasons (Horstmann 2007). Current approaches all around the domain of workflow management enable a flexible IT supported execution and automation of business processes, which offers great advantages, especially in terms of ensuring compliance (van der Aalst and van Hee 2004). Thus, for example, workflow management systems already allow an ad hoc integration of necessary controls into workflow instances at runtime (Kittel et al. 2013).

In order to understand and visualize the relationship between business processes, compliance requirements and controls, a number of ontologies, languages and models have already been developed (for example Heise et al. 2014, Kühnel and Sackmann 2014, Namiri and Stojanovic 2008, Sadiq et al. 2007). However, the current approaches do not yet completely meet the requirements with respect to an appropriate level of abstraction that the methods for a flexible integration of controls into business processes entail. In particular, this is related to the interpretation of controls no longer as some kind of “black boxes” but as control processes. A control process is a combination of one or more control activities, which is a single target-performance comparison (Kittel 2013). This interpretation is of special importance with regard to ensuring compliance

despite flexibility because it allows the separated modelling and modifiability of business processes and control processes (Kittel 2013) as well as their reusability (Schumm et al. 2010a).

For this reason, the goal of our work is to present a new ontology that meets the needs for a visualization of the relations and interfaces between business processes and control processes regarding their flexible integration at runtime. Therefore, the ontology must represent an adequate level of detail.

Our point of departure is a structured literature analysis that we have made to investigate how existing ontologies can represent business processes, control processes, control integration parameters as well as their relations with each other in chapter 2. Based on these results, we present the new refined ontology ConFlex which permits the mapping of relationships between control processes and flexible business processes in chapter 3. Afterwards, the use of the ontology is exemplified in chapter 4. Finalizing, chapter 5 provides a summary of the research findings, a discussion of the limitations as well as an outlook on further research.

## 2 Related Work

According to vom Brocke et al. (2009) we analysed the related work in a structured manner. As proper sources we used the database *EBSCOhost* to search for English and *WISO Wirtschaftswissenschaften* to search for German literature. Furthermore, we scanned the *Proceedings of Wirtschaftsinformatik (WI)* and the *Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI)* as well as the journals *Business & Information Systems Engineering (BISE)* (formerly *Wirtschaftsinformatik*) and *HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik* because they were not completely available in the databases we used.

We searched for academic articles of the last decade with full text availability by using the following search terms: *control model*, *control framework*, *control process* and *ontology* (to search for German papers we used the German pendants). After reading the first findings and since we wanted to identify literature that describes the integration of controls into business processes, we added the following search terms: *internal control*, *integration* and *control process* as well as *integration* and *control*. In total we received 254 results (127 WISO, 75 EBSCOhost, 33 Proceedings MKWI/WI, 14 BISE, 5 HMD) and selected them in the three steps as mentioned in vom Brocke et al. (2009) via title, abstract and full text evaluation. According to Webster and Watson (2002), we also conducted a backward search. In total we received an outcome of thirteen highly relevant papers, which are shown below.

Both Schumm et al. (2010a) and Turetken et al. (2011) describe relatively similar ontologies for compliance management. They argue that the implementation of controls is triggered by compliance requirements and that every single requirement is linked to at least one compliance source, and vice versa. In order to meet a concrete compliance requirement, one or more controls can be used to fulfil a specific compliance target. With conceptual resemblance, Böhm (2008) proposed an interlayer, called “catalogue of requirements”. Within his framework for IT controls, compliance requirements lead to so-called “compliance goals” which can be reached by compliance controls. Namiri and Stojanovic (2007) as well as Namiri and Stojanovic (2008) and Sadiq et al. (2007) took it one step further by classifying compliance requirements and suggesting controls for the identified classes. Based on risk and control objectives, Namiri and Stojanovic (2007) justified the need for an integration of controls into business processes. For this kind of integration, Schumm et al. (2010b) proposed three general types: fragment gluing, fragment weaving as well as

annotation and monitoring. But none of them focus on requirements that allow or forbid the integration of controls in general or at a specific part of a business process. This topic is specifically addressed in Sadiq et al. (2007), who suggest an ontological alignment between controls and business processes based on tags. According to this approach, each internal control could be expressed by control tags (like data or resource tags).

The recent approaches did not analyse controls on a fine-grained level but rather considered them as some kind of “black boxes”. In order to take a closer look at controls, Sackmann and Kähler (2008), Sackmann et al. (2013) as well as Kühnel and Sackmann (2014) developed multi-layer control models. Sackmann et al. (2013) argue that a control is composed of control activities, dealing with target deviations and deviation analysis. Furthermore, Kühnel and Sackmann (2014) along with Kittel (2013) both described controls through control processes, concretely as a combination of control activities. Another specification of controls is given by Marekfa and Nissen (2014), who say that controls affect organizational roles, which are also responsible for business processes. Heise et al. (2014) argued that an organizational role could have a control involvement. The involvement type is described for example by a RASCI matrix (responsible, accountable, supported, consulted and informed) and each involvement type pertains to one control objective. Further, Heise et al. (2014) discussed the realization of controls within their modelling language ControlML.

Obviously, the literature already provides some approaches that show the interrelations between controls and business processes for ensuring compliance. However, it is evident that each approach focuses on a different aspect but none of them allows it to illustrate and describe the possibility to flexibly integrate control processes into business processes at runtime. But, as mentioned in Kittel (2013), the consideration of control processes and their integration points as well as the specification via special parameters is necessary due to demands of present business processes in flexible business environments. Since the conceptual structure of the considered approaches is not based on a consistent foundation, a simple combination is impossible. This reveals the need for a new ontology that combines the various aspects of the previous approaches and an extension so that the demands of modern business environments can be considered as well.

### 3 The ConFlex-Model

In the context of computer and information science, an ontology is defined as a set of representational primitives that model a domain of knowledge (Gruber 1995). According to the design science paradigm, such ontology is classified as an artefact (Hevner et al. 2004). In general, the representational primitives are classes, attributes and relationships among classes. Since we focus on relationships, we renounced the use of attributes until further notice. Our ontology has been created with the Unified Modelling Language (UML) in the form of a class diagram (for more information about UML see (OMG 2009)). The UML classes are displayed as rectangles where each class represents an entity. Relations (here called associations) are displayed through straight lines between the classes and specified through labelling. For the sake of semantic clarity we added arrows to these lines.

Initially we merged the different views of the approaches from the related work in one comprehensive model. Therefore, we considered the various entities like business processes, controls, activities, compliance sources and requirements as they were discussed in chapter 2. The result was some kind of meta-ontology which we used as a basis for a model extension and detailing.

For our extension, we first split both business processes and control processes into two parts: process scheme and process instance. A process scheme shows all possible states of a process. A process instance is a single execution of a process scheme and it is a representation of real procedures or actions (Workflow Management Coalition 1999). This division is necessary since the integration of control activities is technically realized at the instance level. For example, workflow management systems like ArtistaFlow permit an ad hoc integration of (control) activities into workflow instances. Through this integration, the running workflow instance is changed, which is known as flexibility (Kittel et al. 2013). Secondly, we added an entity “control trigger” as a bridge between a business process instance, a compliance requirement and a control process instance. In addition, the entity acts as an actuator for necessary integrations of control process instances into business process instances. And thirdly, we specified the integration itself by parameters. These parameters could be expressed by parameter types like control flow, data, organizational unit, resource and time.

Figure 1 shows the final ontology called ConFlex (control ontology for the flexible integration of control processes into business processes), which shows the interrelation of business processes and control processes at activity level as well as the elements that affect the control process. Based on the demands of the compliance requirement a possible integration of control processes into business processes can be justified.

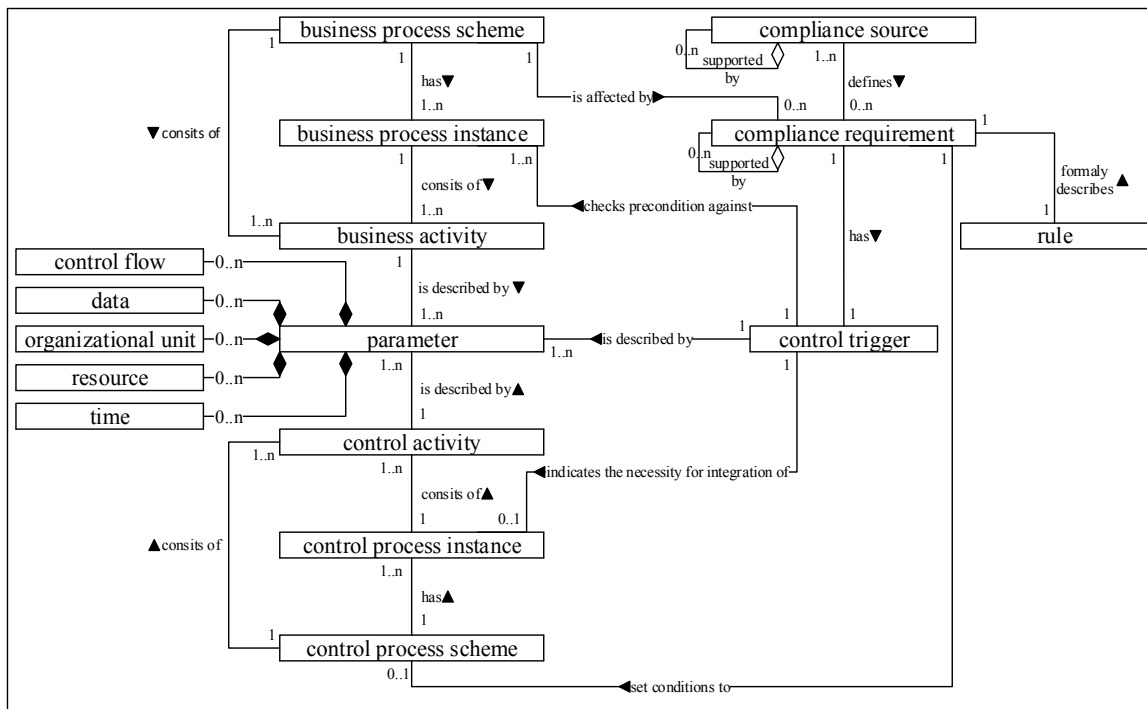


Figure 1: ConFlex as UML class diagram

To understand the relationships shown in ConFlex, it is necessary to describe its entities in detail. A *business process scheme* contains all possible states of a business process. According to Hammer and Champy (1993), a business process is a collection of work items and takes one or more kinds of input and creates an output that is of value for customers. As our ontology illustrates, each business process scheme has at least one *business process instance*. Regarding the definition of an instance, a business process instance is a concrete representation of a business process scheme.

Every business process instance and scheme consists of one or more atomic work items. We call these atomic work items a *business activity*.

Basically, a control is a target-performance comparison between an actual and a desired state including a potential analysis of variance (Beeck and Wischermann 2011). Moreover, our definition of a *control process scheme* is very similar to the description of a control process by Kittel (2013) as already mentioned in the related work. There, it is characterized as a combination of one or more control activities. Like a business activity, a *control activity* is an atomic control item. It performs a single target-performance comparison. The difference between a *control process scheme* and a *control process instance* is the same as described in the definition of the business process scheme. A control process instance is the concrete representation of a control process scheme. Accordingly, a control process scheme contains all possible states of a specific control process and every scheme consists of at least one control process instance.

In general, compliance is ensuring that business processes, operations and practices are in accordance with a prescribed and/or agreed upon set of compliance requirements (Sadiq et al. 2007). A *compliance requirement* is the interpretation of a compliance source. It prescribes a desired result or purpose to be achieved. Compliance requirements can be expressed in various abstraction levels, for example, abstract constraints or COBIT control objectives (Turetken et al. 2011). Various compliance requirements can originate from regulations, laws, company policies, contracts, agreements, standards or best practice frameworks (for example Turetken et al. 2011, Sackmann and Kähler 2008), which are summarized under the entity *compliance source*. As ConFlex shows, compliance sources as well as compliance requirements can be supported and influenced by themselves. E.g. the compliance source § 257 of the German Commercial Code is supported by the auditing standard IDW RS FAIT 3 with regard to digital archiving of business letters.

A compliance requirement could set conditions up to one control process scheme. A control process scheme must fulfil the conditions to satisfy the compliance requirement. Every business process scheme can be affected by various compliance requirements. In ConFlex this is indicated by the association between the business process scheme and the compliance requirement. But the influence of compliance requirements is not inherited to each instance of the business process scheme. For example the compliance requirement “*verify customer banking privileges if the loan is above 50.000€*” affects the business process scheme “*customer loan request*” in general. However, any business process instance is only affected if the loan is greater than the value mentioned above.

To realise a formal description of compliance requirements, *rules* are used. A rule could be expressed by using different languages, such as Linear Temporal Logic (LTL), Computational Tree Logic (CTL) or Formal Contract Language (FCL) (Pnueli 1977; Governatori et al. 2006; Elgammal 2011). Once the integration of a control process instance into a business process instance is done, the whole process instance can be checked against any formal rule by model-checking (Schumm et al. 2010a). The formalisation will not be further described in this work.

For a flexible integration of control process instances into business process instances, each compliance requirement contains two necessary parts: (1) a precondition that indicates whether the compliance requirement has to be taken into consideration in a business process instance, and (2) conditions for the expected control process scheme. The conditions describe expected actions that must be done to meet the compliance requirement.

To check whether the business process instance fulfils the compliance requirement precondition, we introduce the entity *control trigger*. Basically, a trigger is a production rule that performs a

certain action whenever the trigger condition is evaluated as true (Weigand et al. 2011). A *control trigger* indicates the necessity to integrate a control process instance into the current business process instance. This is done by checking the compliance requirement precondition against each state of the business process. The state of a business process instance could be described by the states of business activities, which can change after every execution. If a compliance requirement has no precondition, any suitable control process instance must be executed in each business process instance. Alternatively, the control process scheme can already be included into the business process scheme as a whole during design time.

To specify the control trigger condition and both states of business activities and requirements of control activities, we use the class *parameter*. The expressions of these parameters allow it to associate business process instances, control triggers and control process instances. At the level of a business process instance the parameter describes the state of each business activity within the instance after their completion. At the level of a control trigger the trigger condition, which is the precondition of the compliance requirement, is expressed through the parameters. If the precondition consists of more than one condition, the parameters could be combined by binary logical operators (AND, OR, XOR, NOT). The control trigger evaluation is done by checking the control trigger parameters against the parameters of the affected business process activity. If the condition evaluation returns “true”, the action “integration of a control process instance” is triggered. The conditions arising from the compliance requirement regarding the control process scheme are also expressed by parameters.

In principle, a parameter is specified by its parameter type, parameter attribute and parameter value. To specify a compliance requirement precondition, a parameter operator (such as “greater than”, “smaller than” or “equal”) as well as a parameter measurement unit is required. As shown in figure 1, ConFlex shows only the parameter type. The distinction between type, attribute and value as well as operator and measurement unit is necessary for a further automation of the integration of control process instances into business process instances. This will be a future research topic. Based on our literature review, we identified five different parameter types: (1) control flow, (2) data, (3) organizational unit, (4) resource and (5) time.

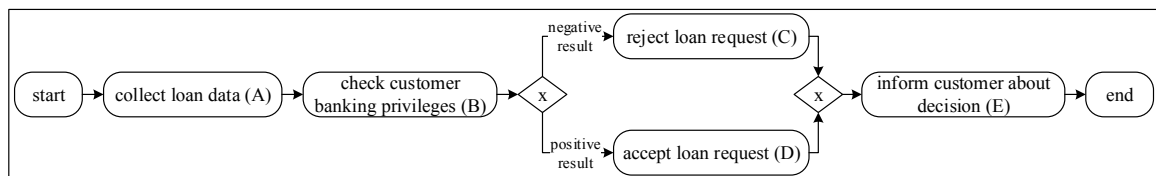
The parameter type *control flow* describes requirements regarding the flow of activities (for example Elgammal et al. 2014, van der Aalst et al. 2011, Sadiq 2007). Possible control flow attributes are the patterns from Dwyer (1998) and associated parameter values are affected activities. This contains demands like the sequence of activities as well as their absence or occurrence. The demands of the compliance requirement regarding the integration point of a control process instance could be expressed by this parameter. The control flow can also be used to describe outstanding or performed business activities of a business process instance. The parameter type *data* contains information that is necessary to execute activities or that includes the results of activities. Data could occur as data objects like databases, Excel sheets or printed invoices. The parameter attributes specify these data objects. The parameter value refers to an instance of the data object, for example the printed invoice including the invoice number “123”. For a description of any person, we use the parameter type *organizational unit*. This parameter type can relate to both, humans as well as user accounts in an IT system. The attributes of an organisational unit could describe for example demands regarding the segregation of duties, the specification of a role within a company or a user group within an IT system (Elgammal et al. 2014, Knuplesch et al. 2013, Ramezani et al. 2012). To perform an activity, sometimes *resources* are necessary. A parameter attribute of the resource could be for example hardware or software that processes some data. The

parameter value is the identifier of the parameter attribute. Further, we identified the parameter type *time* to meet time constraints (Lanz et al. 2014; Sadiq 2007). Its attributes could be expressed by timed patterns like “»within« a given time period”, “»atLeastAfter« a given time” or “»exactlyAt« a specific time” (Elgammal et al. 2014). An example for such a time constraint is the demand to control a loan request within seven working days.

After the execution of a business activity, parameter values (for example control flow, data or time) or their availability (for example data, organisational units or resources) could change. Regarding this, it is possible that the availability of for example data is not given over the whole business process because of a deletion or an aggregation of data which leads to an information loss. It is also possible that there are place-related restrictions, for example when the object that should be checked and the affected organizational unit are not at the same place. But the availability of data, resources or organizational units could be fundamental preconditions for any execution of control processes and have to be fulfilled.

## 4 Running Scenario

Based on a running scenario, in the following section we want to demonstrate which entities of ConFlex are addressed and how they work together. Since the ontology was constructed regarding the flexible integration of control process instances into business process instances, we illustrate the application with an appropriate example. The example shows the flexible ad hoc integration of a control process instance into a running business process instance. Figure 2 shows the simplified business process scheme of checking a customer loan request in a bank (Allweyer 2008).

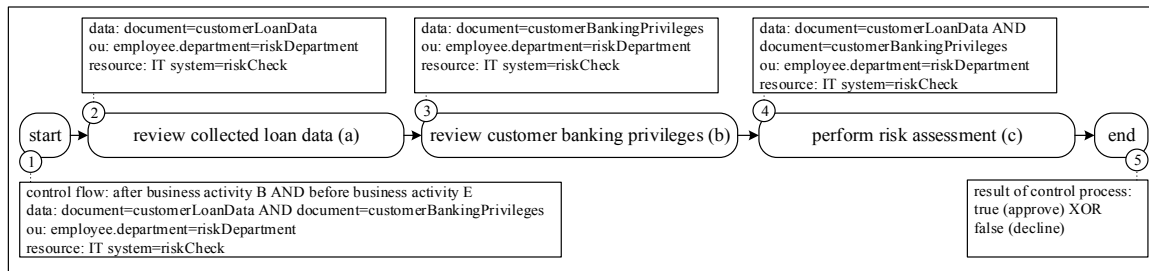


**Figure 2: Business process scheme: checking customer loan request**

In this example, the business process scheme is only affected by one single compliance requirement, which is defined by an internal policy as the compliance source:

For loan requests with a loan amount of more than 50.000€, the **risk department needs to perform an additional risk assessment of the customer banking privileges.**

The underlined text represents the compliance precondition and the bold text the conditions placed to the control process scheme. In this case, the compliance requirement only affects a business process instance if the requested loan amount is above 50.000€. Based on the imposed compliance requirement, the possible control process scheme could consist of three control activities. In the first step the collected loan data should be reviewed. In the second step checked customer banking privileges should be reviewed, too. In the last step the final risk assessment should be performed in which a judgement of the risk regarding the creditworthiness is done.



**Figure 3: Control process scheme: perform risk assessment**

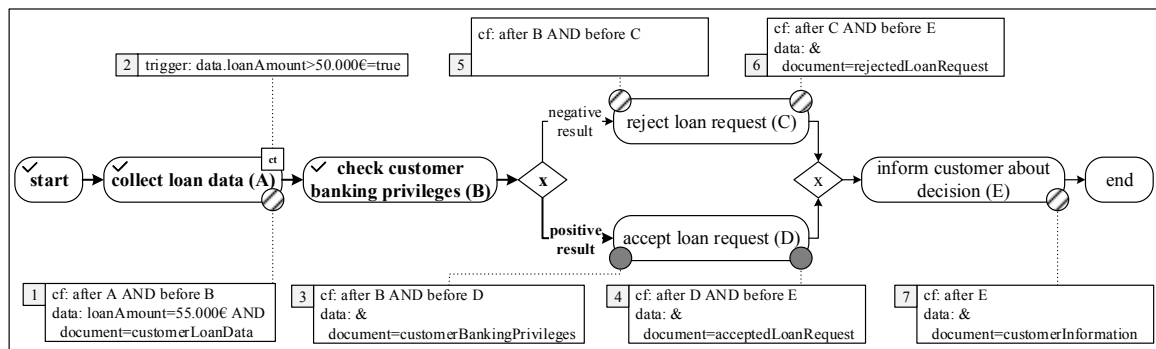
As shown in figure 3, the conditions regarding the control process scheme are expressed by the parameter types *control flow*, *data*, *organizational unit* (ou) and *resource*. We assume that every control activity is supported by an IT system called “riskCheck”.

Annotation number one in figure 3 shows all conditions to the whole control process scheme that arise from the compliance requirement. These conditions are formulated by using parameter types, parameter attributes and parameter values. The annotation “resource: IT system=riskCheck” can be for example interpreted as follows: resource is the parameter type, the IT system is the parameter attribute and “riskCheck” is the parameter value. Beyond that, the annotations two to four show the conditions for the execution of the respective control activity. To perform control activity c we assume that information about both customer loan data as well as customer banking privileges are needed. As mentioned in chapter 3, the result of a control process is the outcome of a target-performance comparison. This means that the result of the control process, which is shown in annotation number five, is binary, meaning it can only be an approval or a decline of the loan request.

Figure 4 shows one possible instance of the business process scheme. The bold business activities (business activity A and B) have already been executed, the other business activities are still outstanding. Annotations 1 and 3 show the state of the business process instance after each executed business activity. Annotations 4 to 7 show expected states of the instance, which can be obtained from the business process scheme. The expected states of the business process scheme are defined during design time. The annotations display only the parameter types *control flow* (cf) and *data*. The annotations show only the immediate completed and the next outstanding business activity. We assume, that the IT system “riskCheck”, which is the necessary *resource* to satisfy the compliance requirement, and an employee from the risk department are available through the whole business process instance. Based on these assumptions, the annotations don’t show the parameter types *organizational unit* and *resource*. Furthermore, we assume that all collected data are available in all subsequent stages of the business process instance, which is expressed through the annotation “data: & new data”. The parameter type *time* is not relevant within this example, so we omit it.

After the completion of each business activity, the control trigger checks its production rule against the state of the respective executed business process activity.





**Figure 4: Running business process instance**

In figure 4 the control trigger is visualized by the square named “ct” at the end of business activity A. The control trigger production rule is shown in annotation 2. In this case, the control trigger production rule can be described by the parameter type *data*, the parameter attribute *loan amount*, the parameter operator *greater than* (*>*), the *parameter value* 50.000 and the measurement unit *Euro* (€). Starting after the completion of business activity A, the control trigger checks its condition against the state of this business activity. The control trigger recognizes that the compliance requirement affects the business process instance because the requested loan amount is above 50.000€. That’s why the integration of one possible instance of the control process scheme into the business process instance is triggered. Based on the conditions of the control process scheme and the (expected) states of the business process activities, we can identify all possible integration points for a control process instance. At each of these points, an instance of the control process scheme can be integrated into the business process instance. Here, the control process instance specifies the control process scheme only by an employee of the risk department that performs the control activities. Generally, an integration point for control process instances could be present after each business process activity. This is visualized in figure 4 by solid and shaded dots. Solid dots indicate possible integration points for the control process instance. Shaded dots indicate the inability of any integration. If there is an exclusive or multi choice in the business process instance, the dots are placed in front of the activities which directly follow after these decisions (see business activity C and D). Within our example, the integration of the control process instance is only possible between business activity B and D or between business activity D and E.

In case of a negative result of the control process instance, the business process instance has to be stopped. In this case, the control flow needs to be set in front of business activity C, so that the loan request could be rejected and the customer can get the correct notification.

## 5 Conclusion

Actual approaches in the field of business process management and control theory necessitate a flexible ad hoc integration of controls into business processes at runtime. Starting from this point, we investigated whether present ontologies comply with the necessary demand for flexibility which modern business environments push for. More concretely, we analysed if existing ontologies can depict the integration of control process instances into business process instances at runtime. Although the reviewed literature provides many approaches which show relations between different entities out of the control and process theory, none of them is detailed enough to illustrate the instance level, where the integration of control activities is technically realized. Based on these

insights, we identified the need for a new refined and extended ontology, which we realized with the model ConFlex in the form of a UML class diagram.

In order to allow the depiction of any flexible integration of control process instances into business process instances, we identified the need for three major extensions, concretely the separation of processes into scheme and instance level as well as the introduction of two new entities: control trigger and parameter. Whereas the control trigger bridges the gap between compliance requirements, control process instances and business process instances, the parameters are needed for a further specification of these elements. Essentially summarized, the control trigger judges the need for any integration of a control process instance into a running business process instance and the parameters allow the specific assignment, under which conditions and in which points the integration could be done.

However, our ontology is subject to some limitations which are a field of further research, especially concerning the entity *parameter*. The UML class diagram contains the parameter type, but parameter attributes and values are currently not depicted. This was done for reasons of clarity in order to prevent an unnecessary expansion of the ontology. Considering the demands for more flexibility and further automation of processes, it will be necessary to depict the parameters (and their interrelations with each other) in a much more detailed way, for example in the form of a unique ontology. According to a steady increase in legal regulations and the increasing size of process models, the number and also the level of detail of compliance requirement preconditions as well as compliance conditions to control process scheme could rise and it would be more difficult to distinguish similar parameters. Moreover, we identified five parameter types - control flow, data, organizational unit, resource and time - through our literature review. Although this is enough for the majority of possible running scenarios, it remains unclear if there are other necessary parameter types that we do not consider at present. In order to obtain a complete set of all conceivable parameters, it will be necessary to perform a specific state of the art analysis for parameter types as well as their attributes. Further, the analysis should be supplemented by demands of the everyday practice.

Last but not least, we identified the need for further research concerning the cases of negative results of control processes. Concretely, we identified the need for some kind of analysis of variance and recovery actions in case of a negative result of a control process. Moreover, in this context it should be examined if there are effects of the analysis of variance on recovery actions or effects of recovery actions on business process instances.

## 6 References

- Allweyer T (2008) Vom fachlichen Modell zum ausführbaren Workflow. <http://www.kurze-prozesse.de/blog/wp-content/uploads/2008/02/Vom-fachlichen-Modell-zum-Workflow.pdf>. Accessed 11 November 2015
- Bagban K, Nebot N (2014): Governance und Compliance im Cloud Computing. HMD 51(3): 267–283
- Beeck V, Wischermann B (2011) Kontrolle. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kontrolle.html>. Accessed 21 August 2015
- Böhm M (2008) IT-Compliance als Triebkraft von Leistungssteigerung und Wertbeitrag der IT. HMD 45(5):15–29

- Dwyer MB, Avrunin GS, Corbett JC (1998) Property specification patterns for finite-state verification. In: Ardis M, Atlee J (eds) *Proceedings of the second workshop on Formal methods in software practice*, pp 7–15
- Elgammal A, Turetken O, van den Heuvel W, Papazoglou M (2011) On the Formal Specification of Regulatory Compliance: A Comparative Analysis. In: *Service-Oriented Computing*, vol 6568. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 27–38
- Elgammal A, Turetken O, van den Heuvel W, Papazoglou M (2014) Formalizing and applying compliance patterns for business process compliance. *Softw Syst Model*
- Governatori G, Milosevic Z, Sadiq S (2006) Compliance checking between business processes and business contracts. In: *2006 10th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC'06)*, pp 221–232
- Gruber TR (1995) Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International Journal of Human-Computer Studies* 43(5-6): 907–928
- Hammer M, Champy J (1993) *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. HarperBusiness, New York
- Heise D, Strecker S, Frank U (2014) ControlML: A domain-specific modeling language in support of assessing internal controls and the internal control system. *International Journal of Accounting Information Systems*(15):224–245
- Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28(1):75–105
- Horstmann J (2005) *Operationalisierung und Unternehmensflexibilität: Entwicklung einer umwelt- und unternehmensbezogenen Flexibilitätsanalyse*. Diss. Univ. Wiesbaden
- Kittel K (2013) Agilität von Geschäftsprozessen trotz Compliance. *Proceedings of the 11th International Conference on Wirtschaftsinformatik*, pp. 967-981
- Kittel K, Sackmann S, Göser K (2013) Flexibility and Compliance in Workflow Systems: The KitCom Prototype. *Tagungsband CAiSE Forum - 25th International Conference on Advanced Information Systems Engineering*: 154-160
- Knuplesch D, Reichert M, Ly LT, Kumar A, Rinderle-Ma S (2013) Visual Modeling of Business Process Compliance Rules with the Support of Multiple Perspectives. In: *Conceptual Modeling*, vol 8217. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 106–120
- Kühnel K, Sackmann S (2014): Effizienz Compliance-konformer Kontrollprozesse in internen Kontrollsystemen (IKS). *HMD* 51(3):252-266
- Lanz A, Weber B, Reichert M (2014) Time patterns for process-aware information systems. *Requirements Eng* 19(2):113–141
- Marekfa W, Nissen V (2014) Strategisches GRC-Management – Anforderungen und datenseitiges Referenzmodell. *HMD* 51(3):228-239
- Namiri K, Stojanovic N (2007) Pattern-Based Design and Validation of Business Process Compliance. In: Meersman R, Tari Z (eds) *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS*, vol 4803. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 59–76

- Namiri K, Stojanovic N (2008): Towards A Formal Framework for Business Process Compliance. Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, pp. 1185-1196
- OMG (2009) OMG Unified Modeling Language (OMG UML): Infrastructure. <http://www.omg.org/spec/UML/2.2/Infrastructure>. Accessed 27 July 2015
- Pnueli A (1977) The temporal logic of programs. In: 18th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (sfcs 1977), pp 46–57
- Ramezani E, Fahland D, van der Aalst, Wil M. P. (2012) Where Did I Misbehave? Diagnostic Information in Compliance Checking. In Business Process Management, vol 7481. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 262–278
- Sackmann S, Kähler M (2008) ExPDT: Ein Policy-basierter Ansatz zur Automatisierung von Compliance. Wirtsch. Inform. 50(5):366–374
- Sackmann S, Hofmann M, Kühnel S (2013) Return on Controls Invest: Ein Ansatz zur wirtschaftlichen Spezifizierung von internen Kontrollsystemen. HMD 50(1):31–40
- Sadiq S, Governatori G, Namiri K (2007) Modeling Control Objectives for Business Process Compliance. In: Alonso G, Dadam P, Rosemann M (eds) Business Process Management, vol 4714. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 149–164
- Schumm D, Turetken O, Kokash N, Elgammal A, Leymann F, van den Heuvel W (2010a) Business Process Compliance through Reusable Units of Compliant Processes. In: Current Trends in Web Engineering, vol 6385. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 325–337
- Schumm D, Leymann F, Ma Z, Scheibler T, Strauch S (2010b) Integrating Compliance into Business Processes: Process Fragments as Reusable Compliance Controls. Proc. of the MKWI'10
- Turetken O, Elgammal A, van den Heuvel W, Papazoglou M (2011) Enforcing compliance on business processes through the use of patterns. 19th ECIS 2011
- van der Aalst WMP, van Hee KM (2004): Workflow management: models, methods, and systems. MIT press
- van der Aalst W, van Hee K, van der Werf, Jan Martijn, Kumar A, Verdonk M (2011) Conceptual model for online auditing. Decision Support Systems 50(3):636–647
- vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, Riemer K, Plattfaut R, Cleven A (2009) Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. 17th European Conference on Information Systems: 2206–2217
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. MIS Quarterly 26(2):xiii–xxiii
- Weigand H, van den Heuvel W, Hiel M (2011) Business policy compliance in service-oriented systems. Information Systems 36(4):791–807
- Workflow Management Coalition (1999) Terminology & Glossary. [http://www.wfmc.org/docs/TC-1011\\_term\\_glossary\\_v3.pdf](http://www.wfmc.org/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf). Accessed 24 August 2015

## **Teilkonferenz**

### **Smart Services: Kundeninduzierte Kombination komplexer Dienstleistungen**

Im Zeitalter der Digitalisierung erwarten Kunden und Patienten eine bessere Unterstützung bei der Kombination von Dienstleistungen. Bei Smart Services handelt es sich häufig um komplexere Dienstleistungsbündel, die zu einer verbesserten Unterstützung seiner Nutzer beitragen. Die Grundlage bilden etwa Algorithmen zu Entscheidungsunterstützung ebenso wie Verfahren zur Datenextraktion, -integration und -konsolidierung aus verschiedenen Quellen (z.B. Sensorik, soziale Netzwerken). So nutzen Smart Services Umgebungsinformationen aus Smartphones oder anderen Geräten, die mit einer Serviceplattform und einer dezentralen Benutzerschnittstelle bzw. App verbunden sind.

Während die Nutzung von Smart Services dank Smartphones und App-Unterstützung inzwischen sehr einfach ist, stellt sich die Kombination aus Kundensicht hingegen als aufwändig dar. Anbahnung, Vereinbarung, Durchführung und Abrechnung sind für jeden Smart Service durchzuführen und es fehlt eine intelligente sowie integrierte Unterstützung der kundeninduzierten Kombination von Smart Services. Eine solche Bündelung ist notwendig, da viele Nutzerprobleme (z.B. eine Reise oder die Behandlung einer Krankheit) unternehmensübergreifend ausfallen. Dieser Track beschäftigt sich mit Methoden der Wirtschaftsinformatik und der Medizinischen Informatik zur umfassenden informationstechnischen Unterstützung der kundeninduzierten Kombination komplexer Dienstleistungen. Die vier ausgewählten Beiträge sowie eine eingeladene Session-Keynote beleuchten dabei verschiedene Facetten auf das Themenfeld der Smart Services.

Krömker und Wienken präsentieren im Rahmen einer Session-Keynote das Projekt „DynAPSys – Entwicklung eines dynamischen Agendaplanungssystems für den ÖPNV“. Albrecht und Ehmke präsentieren eine Marktanalyse zu multimodalen Mobilitätsplattformen im ÖPNV. Sachse und Alt analysieren die Vorteile kundenzentrierter Servicekomposition mittels einer empirischen Untersuchung. Nadj, Häußler, Wenzel und Maedche stellen das „Smart Mobile Application Framework“ vor, und Zibuschka, Hinz und Nofer untersuchen die Zahlungsbereitschaft für Datenschutzfunktionen bei intelligenten Assistenten.

Wir hoffen auf eine spannende Diskussion und möchten an dieser Stelle allen KollegInnen für die Einreichung sowie die Begutachtung der Beiträge herzlich danken.

*Jan Fabian Ehmke, Rainer Alt, Alfred Winter*

(Teilkonferenzleitung)



# Innovative Services in der Mobilitätsbranche: Eine Marktanalyse multimodaler Mobilitätsmanager

Linda Albrecht<sup>1</sup> und Jan Fabian Ehmke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Department Wirtschaftsinformatik,  
{linda.albrecht | janfabian.ehmke}@fu-berlin.de

## Abstract

Getrieben durch den technischen Fortschritt durchläuft die Mobilitätsbranche zurzeit eine Branchentransformation, in der innovative Mobilitätsservices wie z. B. Bike-Sharing-Systeme entstehen, die im Gegensatz zu klassischen Mobilitätsservices auf digitalen Geschäftsmodellen basieren. Multimodale Mobilitätsmanager versprechen klassische und zunehmend auch innovative Mobilitätsservices durch intelligenten Vergleich kundenorientiert zu integrieren. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Funktionalität multimodaler Mobilitätsmanager und untersucht insbesondere, inwieweit diese das Mobilitätsproblem tatsächlich kundenorientiert lösen können. Die Integration und der Vergleich von Mobilitätsservices wird anhand des Dienstleistungsprozesses nach Bodendorf (1999) strukturiert und eine Marktanalyse anhand von aus dem ARIS-Framework nach Scheer (1998) abgeleiteten Dimensionen durchgeführt. Daraus leiten wir schließlich den Forschungsbedarf im Bereich der kundeninduzierten Orchestrierung von Mobilitätsservices ab.

## 1 Einleitung

Branchentransformationen sind gekennzeichnet durch „nachhaltige Änderungen der traditionellen Wettbewerbs- und Wertkettenstrukturen“ (Gersch und Goeke 2004, 1531). In der Mobilitätsbranche treiben Digitalisierung und Vernetzung die Transformation der Branche voran. Zu den klassischen Mobilitätsservices des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sind in den letzten Jahren innovative Mobilitätsservices wie Car- und Bike-Sharing-Dienstleistungen hinzugekommen (Ricker et al. 2012). Sie gehören zu den sogenannten Shared-Mobility-Dienstleistungen, die sich häufig durch eine flexible zeitliche und räumliche Verfügbarkeit auszeichnen (Vogel et al. 2015). Ermöglicht wird diese Flexibilität maßgeblich durch einen IT-gestützten Geschäftsprozess (Ehmke und Mattfeld 2006), der insbesondere auf der weiten Verbreitung mobiler Endgeräte (BVDW 2014) basiert. Da innovative Mobilitätsservices häufig nur einen Teil des Mobilitätsproblems des Kunden lösen (z. B. die „letzte Meile“ von der Endhaltestelle bis zur Haustür), werden diese oft mit weiteren Mobilitätsservices kombiniert (Winter et al. 2012). Die Kombination von mindestens zwei verschiedenen Mobilitätsservices auf einer Route bezeichnen wir als *Intermodalität*, wohingegen wir unter *Multimodalität* den Vergleich verschiedener Mobilitätsservices für dieselbe Route verstehen (vgl. Stopka 2014). Idealerweise unterstützen multimodale Mobilitätsmanager den kundenorientierten Vergleich von Mobilitätsservices, indem sie diese elektronisch auf Basis eines

Kundenprofils integrieren. Ein Kundenprofil beinhaltet neben personenbezogenen Daten insbesondere auch kundenindividuelle Mobilitätspräferenzen, die einen Abgleich mit den Charakteristika der einzelnen Mobilitätsservices ermöglichen.

In den letzten Jahren hat eine Vielzahl von Anbietern die Relevanz der kundenorientierten Orchestrierung von innovativen Mobilitätsdienstleistungen erkannt und multimodale Mobilitätsmanager konzipiert. Multimodale Mobilitätsmanager erweitern das aus dem ÖPNV bekannte DELFI-Konzept (DELFİ 2015) indem sie neben den klassischen fahrplangebundenen Mobilitätsservices zunehmend auch innovative Mobilitätsservices kundenorientiert integrieren. Damit vergrößern sie einerseits die Flexibilität des Kunden, da diesem nun deutlich mehr Mobilitätsservices und Vergleichsoptionen zur Verfügung stehen. Andererseits wird die kundenorientierte Orchestrierung dadurch auch deutlich komplexer. Die Verfügbarkeit von Shared-Mobility-Services ist beispielsweise immer von einem gewissen Grad an Unsicherheit geprägt, da diese nicht wie der klassische ÖPNV an feste Fahrpläne gebunden sind. Aktuelle Implementierungen multimodaler Mobilitätsmanager unterscheiden sich deshalb erheblich in Funktionsumfang und Kundenorientierung, und eine vollständig kundenorientierte Orchestrierung im Sinne von Winter et al. (2012) kann in der Regel noch von keinem Anbieter gewährleistet werden. Dies führt uns zur zentralen Forschungsfrage dieses Beitrages: inwieweit bieten die aktuell verfügbaren multimodalen Mobilitätsmanager bereits eine hinreichende technische Unterstützung an, um innovative Mobilitätsservices kundenorientiert zu orchestrieren?

Zur Beantwortung der Forschungsfrage stellen wir zunächst ein Framework zur Modellierung des Geschäftsprozesses kundenorientierter multimodaler Mobilitätsmanager vor, das wir aus dem Dienstleistungsprozess nach Bodendorf (1999) ableiten. Dieses Framework implementieren wir in Kapitel 3 und untersuchen mittels einer Marktanalyse, ob der Prozess zur Orchestrierung von innovativen Mobilitätsservices aus Kundensicht bereits zufriedenstellend durch derzeitige Anbieter unterstützt wird. Hierbei orientieren wir uns an dem ARIS-Framework nach Scheer (1998), indem wir die verschiedenen ARIS-Sichten auf Informationssysteme heranziehen, um die Untersuchungskriterien der Marktanalyse zu definieren. Schlussendlich leiten wir Implikationen für die zukünftige Forschung im Bereich der kundeninduzierten Orchestrierung innovativer Mobilitätsservices ab.

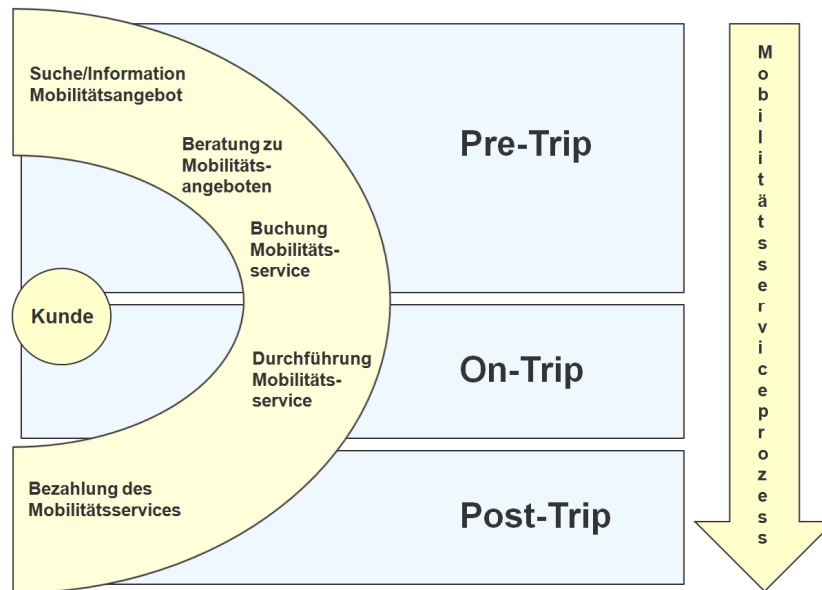
## **2 Ein Framework zur Charakterisierung von Mobilitätsservices**

Um ein Verständnis für die Modellierung des Geschäftsprozesses kundenorientierter multimodaler Mobilitätsmanager zu entwickeln, führen wir in diesem Kapitel den allgemeinen Dienstleistungsprozess nach Bodendorf (1999) ein und strukturieren damit den Prozess der kundenorientierten Orchestrierung von innovativen Mobilitätsservices.

Dienstleistungen zeichnen sich u. a. durch die Notwendigkeit der Mitwirkung eines externen Faktors aus, i. d. R. ist dies der Kunde selbst (Mertens et al. 2005). Anstelle eines materiellen Produktes wird eine immaterielle, kundenindividuelle Leistung produziert. Die Leistungsproduktion ist ein Prozess, der aus Kundensicht in fünf Phasen unterteilt werden kann: Information, Beratung, Vereinbarung, Durchführung, Bezahlung (Bodendorf 1999). In der Informationsphase sucht der Kunde nach Informationen zu Angeboten, die seine Bedürfnisse befriedigen (Mertens et al. 2005). Nach einer Vorauswahl lässt sich der Kunde i. d. R. individuell beraten. In der Vereinbarungsphase werden zwischen Anbieter und Kunde Leistungsdetails und Preis vereinbart. In der Durchführungsphase wird die Dienstleistung erbracht, die der Kunde schließlich vergütet.



Ein Mobilitätsservice ist eine Dienstleistung, die von Mobilitätsdienstleistern erbracht wird, indem sie Kunden entweder ein Verkehrsmittel zur Verfügung stellen oder indem sie mittels eines Verkehrsmittels die Personenbeförderung durchführen. Das Geschäftsmodell von Mobilitätsdienstleistern beruht auf dem Nutzenversprechen Mobilität; ihre Leistung ist die Ermöglichung oder Durchführung des Mobilitätsservices. Abbildung 1 zeigt die Phasen des allgemeinen Dienstleistungsprozesses nach Bodendorf (1999) übertragen auf die Vermittlung und Durchführung von Mobilitätsservices („Mobilitätsserviceprozess“).



**Abbildung 1: Phasen des Mobilitätsserviceprozesses**

Zunächst sucht der Kunde nach Mobilitätsangeboten, die sein Mobilitätsproblem (teilweise) lösen. Darauf folgend lässt er sich beraten, z. B. zu alternativen Mobilitätsservices. Dann wird ein Angebot ausgewählt, indem der Mobilitätsservice bzw. eine Kombination von Mobilitätsservices gebucht wird. Der Mobilitätsdienstleister erbringt den Mobilitätsservice, den der Kunde anschließend bezahlt. Die Phasen des Mobilitätsserviceprozesses können wir den drei nach BMWI (2005) gebräuchlichen Mobilitätsphasen zuordnen, die Mobilität in eine Planungsphase vor Reisebeginn („pre-trip“), während der Reise („on-trip“) und nach der Reise („post-trip“) teilen. Die Pre-trip-Phase umfasst dabei Informations-, Beratungs- und Vereinbarungs-, die On-trip-Phase die Durchführungs- und die Post-trip-Phase die Bezahlungsphase des Dienstleistungsprozesses. In der Praxis fallen Buchung und Bezahlung des Mobilitätsservices oft zusammen.

Das Geschäftsmodell multimodaler Mobilitätsmanager fußt auf dem Vergleich und der Vermittlung von Mobilitätsservices. Als Intermediäre nutzen sie die Informationsunvollkommenheit auf dem Mobilitätsmarkt, um in der Pre-Trip Phase zwischen Kunden und Anbietern zu vermitteln (Laudon et al. 2010). Ihr Nutzenversprechen ist das Finden der kundenindividuell besten Route von A nach B. Dies kann je nach Kundenpräferenz z. B. die schnellste oder preisgünstigste Route sein. Multimodale Mobilitätsmanager stiften Kundennutzen, da sie komplexe Mobilitätsservices entsprechend der Kundenpräferenzen bündeln und so eine kundenorientierte Orchestrierung komplexer Mobilitätsdienstleistungen ermöglichen (Winter et al. 2012). Im Idealfall wird das Mobilitätsproblem durch Vermittlung und Buchung eines Mobilitätsservices vollständig kundenorientiert gelöst.

Im folgenden Kapitel untersuchen wir mittels des hier beschriebenen Frameworks, wie bzw. inwiefern derzeitige verfügbare multimodale Mobilitätsmanager den Prozess des kundenorientierten Vergleichs von Mobilitätsservices bereits unterstützen.

Kategorie	Kriterien	
Organisation	Abgrenzung Anbieter	Abgrenzung Partnerunternehmen
Funktionalität	Information	Beratung
	Vereinbarung	Unterstützung Mobilitätsserviceprozess
	Dienstleistungsbündelung	
Qualität	Gebietsabdeckung	Laufzeit
	Grad der Multimodalität	Grad der Intermodalität
	Effektivität der Mobilitätsserviceintegration	Individualisierbarkeit
	Unterstützung barrierefreier Mobilität	Usability
Daten	Kundendaten	Anbieterdaten
	Geodaten	Verkehrsdaten
	Umgebungsdaten	
Technologie	Frontend	Backend

**Tabelle 1: Kriterienkatalog**

### 3 Marktanalyse

Um einen Überblick über die Funktionalitäten aktueller multimodaler Mobilitätsmanager zu erhalten, stellen wir im Folgenden die Konzeption und das Ergebnis einer Marktanalyse vor, die von Oktober bis Dezember 2014 durchgeführt wurde. Wir untersuchen insbesondere, inwieweit aktuelle Anbieter den multimodalen Vergleich und die intermodale Kombination klassischer und innovativer Mobilitätsservices aus Kundensicht unterstützen. Wir konzentrieren uns dabei auf die für die Pre-trip-Phase relevanten Funktionalitäten, da dort der Hauptnutzen eines multimodalen Mobilitätsmanagers liegt.

#### 3.1 Konzeption

Ein anerkanntes Framework zur ganzheitlichen Analyse und Beschreibung von Informationssystemen ist die Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) nach Scheer (1998). Ihr Ziel ist die technische Unterstützung betrieblicher Geschäftsprozesse. ARIS beschreibt fünf Sichten auf ein Informationssystem (Organisation, Funktion, Leistung, Daten, Steuerung), die der Strukturierung und Komplexitätsreduzierung dienen (Scheer 1998):

- Die *Organisationssicht* beschreibt Aufbau und Arbeitsteilung im Unternehmen.
- Die *Funktionssicht* beschreibt Vorgänge, die Eingabe- zu Ausgabe-Leistungen transformieren.
- Alle materiellen und immateriellen inner- und außerbetrieblichen Leistungen werden in der *Leistungssicht* zusammengefasst.
- Die *Datensicht* umfasst alle zur Vorgangsbearbeitung benötigten Daten sowie „Nachrichten, die Funktionen auslösen bzw. von Funktionen erzeugt werden“ (Scheer 1998, 36).

Während Organisations-, Funktions-, Leistungs- und Datensicht statische Strukturen des Informationssystems abbilden, beschreibt die *Steuerungssicht* das dynamische Verhalten und die Beziehungen zwischen den strukturellen Sichten. Sie integriert alle anderen Sichten und definiert so den gesamten Geschäftsprozess. Jede Sicht wiederum wird in drei Abstraktionsebenen unterteilt: Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung.

Basierend auf dem ARIS-Framework entwickeln wir einen Kriterienkatalog auf Fachkonzeptebene, anhand dessen wir die Marktanalyse durchführen. Bezüglich der Leistungssicht konzentrieren wir uns auf qualitative Aspekte der Leistungserstellung. Im Rahmen der Steuerungssicht konzentrieren wir uns auf technische Aspekte. Der entwickelte Kriterienkatalog umfasst demzufolge die fünf Kategorien *Organisation*, *Funktionalität*, *Qualität*, *Daten*, *Technologie*. Die zugehörigen 22 Kriterien (vgl. Tabelle 1) leiten wir aus dem ARIS-Framework, dem in Kapitel 2 entwickelten Mobilitätsserviceprozess und weiterführenden eigenen Überlegungen ab. *Organisatorisch* betrachten wir in Erweiterung des ARIS-Frameworks, welches primär interorganisationale Strukturen eines Unternehmens analysiert, auch die Partnerunternehmen multimodaler Mobilitätsmanager. Bezüglich der *Funktionalität* analysieren wir die Funktionen multimodaler Mobilitätsmanager entlang der Phasen des Mobilitätsserviceprozesses und leiten ab, inwiefern dieser bereits umfassend unterstützt wird. Mittels der Kategorie *Qualität* untersuchen wir unter anderem, wie effektiv klassische und innovative Mobilitätsservices bereits intermodal kombiniert werden. In der Kategorie *Daten* analysieren wir, welche Datenarten zur Leistungserstellung multimodaler Mobilitätsmanager genutzt werden. *Technologisch* ermitteln wir, wie die Systemarchitektur eines multimodalen Mobilitätsmanagers und insbesondere das Backend typischerweise gestaltet sind.

Anbieter	Anbieterform	URL	Anzahl Mobilitätsservices	Nahverkehr	Fernverkehr
Allryder	Start-Up	www.allryder.de	5	x	
FromAtoB	Start-Up	www.fromatob.de	7		x
GoEuro	Start-Up	www.goeuro.de	3		x
Mobility Map	Privatperson	www.mymobilitymap.de	9	x	
Moovel	Großunternehmen	www.moovel.com	6	x	
Qixxit	Großunternehmen	www.qixxit.de	12	x	x
Rome2rio	Start-Up	www.rome2rio.com	7	x	x
RouteRANK	Start-Up	www.routerank.com	3		x
Waymate	Start-Up	www.waymate.de	4		x

**Tabelle 2: Ausgewählte multimodale Mobilitätsmanager**

### 3.2 Durchführung

Als Ausgangspunkt wurden die Anbieter derzeit verfügbarer multimodaler Mobilitätsmanager im deutschsprachigen Raum mittels einer Online-Recherche ermittelt. Durch Nutzung geeigneter zusammengesetzter Suchbegriffe wie beispielsweise „multimodale Mobilität App“ wurde die Relevanz der Ergebnisse sichergestellt. Wir beschränken uns dabei auf diejenigen Anbieter, die vorgeben mindestens drei verschiedene Mobilitätsservices vergleichen zu können (vgl. Tabelle 2).

Die multimodalen Mobilitätsmanager unterscheiden sich erheblich in Funktionsumfang und Kundenorientierung. Um die Unterschiede systematisch analysieren zu können, haben wir – die unterschiedlichen Anforderungen von Kunden an multimodale Mobilitätsmanager zugrunde legend – verschiedene Testinstanzen (Anwendungsfälle) definiert und verwendet:

- **Q1:** Nahverkehr (Breitscheidplatz, 10789 Berlin → Pariser Platz, 10117 Berlin)
- **Q2:** Fernverkehr (Berlin Hbf → Köln Hbf)
- **Q3:** Überregionaler Verkehr (Karlsruhe Hbf → Freiburg im Breisgau Hbf)

Durch iteratives Vorgehen während der Analyse wurden die Testinstanzen und der Kriterienkatalog weiter verfeinert.

### 3.3 Ergebnisse

In diesem Abschnitt stellen wir die Ergebnisse der Marktanalyse aggregiert anhand der oben eingeführten Kategorien des Kriterienkatalogs vor.

#### 3.3.1 Organisation

Bezüglich der Organisation können wir zwischen fünf innovativen Start-Ups (*Allryder* und *Waymate* gehören beide zur Door2Door GmbH) und zwei etablierten Mobilitätsdienstleistern (*Qixxit* gehört der Deutschen Bahn AG, *Moovel* der Daimler AG) unterscheiden. Die Dominanz branchenfremder innovativer Anbieter ist kennzeichnend für die Transformation der Mobilitätsbranche. Die Anwendungsfälle Nah- und Fernverkehr werden von nahezu derselben Anzahl multimodaler Mobilitätsmanager unterstützt, beide Anwendungsfälle decken nur *Qixxit* und *Rome2rio* ab.

Mobilitätsphase DL-Prozess Phase	Pre-Trip			On-Trip	Post-Trip
	Information	Beratung	Vereinbarung	Durchführung	Bezahlung
Moovel					
Mobility Map					
FromAtoB					
Qixxit					
Allryder					
GoEuro					
Waymate					
Rome2rio					
RouteRANK					

Grün/Querstreifen: umfangreiche Unterstützung, Gelb/Längsstreifen: teilweise Unterstützung, Rot/Punkte: keine Unterstützung

**Tabelle 3: Unterstützung des Mobilitätsserviceprozesses pro Mobilitätsmanager**

#### 3.3.2 Funktionalität

Anhand des Kriterienkataloges haben wir die Funktionalitäten aller Anbieter entlang des Mobilitätsserviceprozesses mittels der definierten Testinstanzen analysiert. Alle Anbieter bieten Funktionen zur Kundenunterstützung in der Informations- und Beratungsphase an. So kann beispielsweise in der Informationsphase nach Start/Ziel und meist auch nach Datum/Uhrzeit gesucht werden. In der Beratungsphase zeigen alle Anbieter eine Ergebnisliste mit grafischer Anzeige und Dauer/Kosten der Mobilitätsservices an. Potential ist noch bezüglich der sich anschließenden Vereinbarungsphase erkennbar. Lediglich drei Anbieter bieten hier Reservierungs- und Buchungsfunktionen an, die i. d. R. auf wenige innovative Mobilitätsservices beschränkt sind.

Auch die On-trip- und Post-trip-Phase werden nur von jeweils zwei Anbietern unterstützt. Tabelle 3 zeigt die Unterstützung des Mobilitätsserviceprozesses pro Phase und Mobilitätsmanager. Ergänzend haben wir analysiert, welche Anbieter neben Mobilitätsservices weitere Dienstleistungen integrieren. Insbesondere die Vermittlung von Hotels (*GoEuro*, *Rome2rio*, *RouteRANK*) ist verbreitet. Multimodale Mobilitätsmanager fungieren hier als Intermediäre für weitere Branchen wie beispielweise die Touristikbranche.

### 3.3.3 Qualität

In diesem Abschnitt stellen wir ausgewählte Ergebnisse der Kategorie *Qualität* im Detail vor und gehen dabei im Speziellen auf die Anzahl der vermittelten Mobilitätsservices als auch auf die Effizienz ihres Vergleichs ein. Insgesamt suchen alle Mobilitätsmanager *multimodal*. Die multimodalen Mobilitätsmanager integrieren verschiedene Mobilitätsservices. Zu den klassischen Mobilitätsservices zählen dabei Zug, Flugzeug, Taxi, Fernbus, Privatauto, ÖPNV, Zufußgehen, Mietwagen, Privatfahrrad und Fähre.

Überraschenderweise suchen nur sechs von neun Mobilitätsmanagern auch *intermodal*. Intermodalität wird insbesondere dann unterstützt, wenn fernverkehrsbezogene Mobilitätsservices kombiniert werden. Dies können wir darauf zurückführen, dass der Anwendungsfall „Fernverkehr“ i. d. R. mindestens drei Mobilitätsservices kombinieren muss: einen fernverkehrs- und zwei nahverkehrsbezogene Mobilitätsservices der sogenannten „letzten Meile“ (Weg zu/vom fernverkehrsbezogenen Mobilitätsservice). Auch haben wir festgestellt, dass die genutzten Routing-Algorithmen nicht immer sinnvolle Kombinationen ausgeben und daher verbesserungswürdig sind. So schlägt *Qixxit* beispielsweise für Q1 (Gesamtstrecke 3,5 Kilometer) u. a. die komplexe Mobilitätskette Bus, S-Bahn und Bike-Sharing vor.

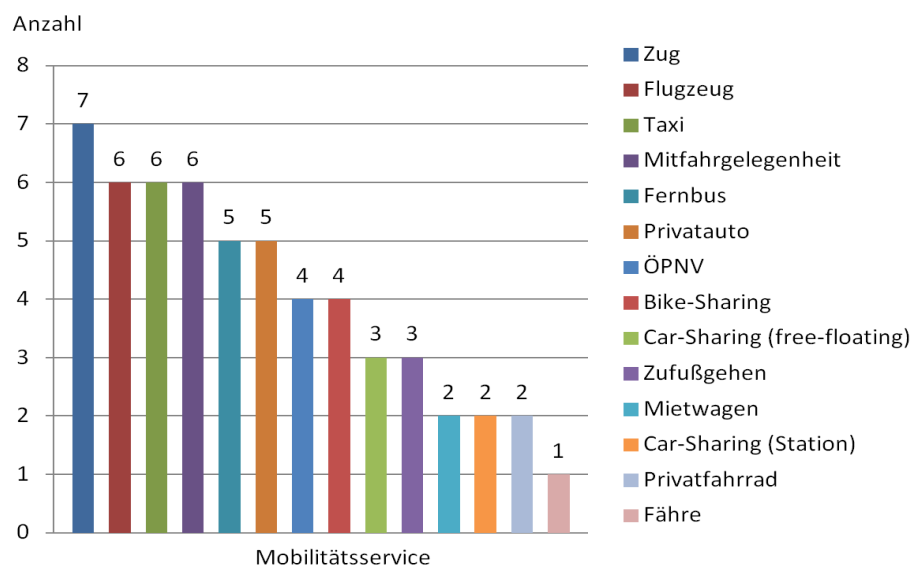
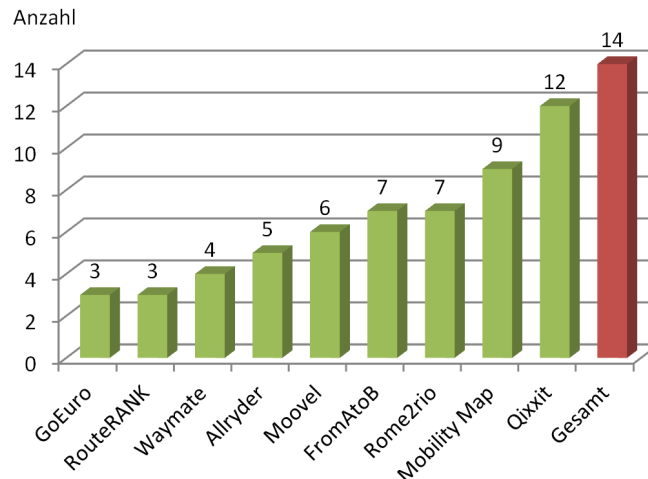


Abbildung 2: Integrationshäufigkeit pro Mobilitätsservice

Zu den innovativen Mobilitätsservices gehören Mitfahrgelegenheit, Bike-Sharing und Car-Sharing (stationsgebunden und Free-Floating). Abbildung 2 verdeutlicht für jeden Mobilitätsservice, von wie vielen der untersuchten Anbieter er berücksichtigt wird. Der klassische Mobilitätsservice „Zug“ wird dabei am häufigsten berücksichtigt, gefolgt von weiteren klassischen Services wie „Flugzeug“, „Taxi“ und der „Mitfahrgelegenheit“ als einem innovativen Mobilitätsservice. Free-Floating-Car-

Sharing, Zufußgehen, Fähre, Mietwagen und eigenes Fahrrad spielen bisher nur eine untergeordnete Rolle. Bis auf zwei Anbieter (*GoEuro*, *RouteRANK*) berücksichtigen bereits alle Anbieter auch mindestens einen innovativen Mobilitätsservice.



**Abbildung 3: Anzahl Mobilitätsservices pro Mobilitätsmanager**

Abbildung 3 wechselt von der Perspektive des einzelnen Mobilitätsservices zur Anbieterperspektive und gibt damit eine Übersicht über die Anzahl integrierter Mobilitätsservices pro Anbieter. Insgesamt werden über alle Anbieter hinweg vierzehn verschiedene Mobilitätsservices berücksichtigt. Die absolute Anzahl pro Anbieter berücksichtigter Mobilitätsservices schwankt dabei jedoch stark. Tendenziell ist zu beobachten, dass nahverkehrsbezogene Mobilitätsmanager mehr verschiedene Mobilitätsservices vergleichen können. Die Anzahl integrierter und integrierbarer Mobilitätsservices steht damit offensichtlich in Abhängigkeit zum Anwendungsfall. Dies führen wir auf zwei Faktoren zurück: der Individualverkehr bietet derzeit mehr innovative Mobilitätsservices wie z. B. Bike- und Car-Sharing als der öffentliche Verkehr. Mobilitätsservices des Individualverkehrs werden meist nahverkehrsbezogen genutzt, Mobilitätsservices des öffentlichen Verkehrs hingegen häufiger im Fernverkehr. *Qixxit* bietet hierbei den größten Funktionsumfang.

Als ein wichtiges Kriterium für die Qualität eines multimodalen Mobilitätsmanagers haben wir die Laufzeit unserer Testanfragen gemessen (Abbildung 4). Hierbei wurde ein haushaltsüblicher DSL-Anschluss mit einer Datenübertragungsrate von 6 MBit/Sekunde und der Desktop Browser Firefox genutzt. Auffällig ist die große Spanne von nur 4,3 Sekunden bei *Rome2rio* bis hin zu 23,5 Sekunden bei *Waymate*. Der Anbieter *Rome2rio* vergleicht u. a. deshalb so effizient, weil Start- und Zielort während der Eingabe bereits abgeschätzt und im Hintergrund an den Server übermittelt werden. Auch nutzt *Rome2rio* im Gegensatz zu anderen Anbietern kein verteiltes System, das Daten in Echtzeit aus dezentralen Datenquellen zusammenführt, sondern eine zentrale Datenbank (vgl. Abschnitt 3.3.5). Offensichtlich beeinflusst auch die Art der zu berücksichtigenden Mobilitätsservices die Laufzeit. So wurde für Q1 eine durchschnittliche Laufzeit von 10 Sekunden gemessen, während diese für Q2 bei 16,9 Sekunden lag. Dies können wir auf die erforderliche Flugsuche bei Q2 zurückführen, die offensichtlich zeitintensiv ist, weil dazu Informationen aus einer Flug-Metasuchmaschine angefragt werden müssen.

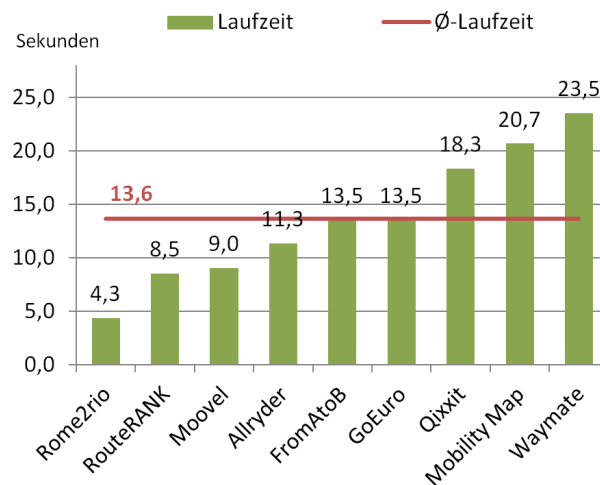


Abbildung 4: Laufzeitanalyse

Ein Zusammenhang von intermodaler Suche und erhöhter Laufzeit (außer der Flugsuche) konnte nicht festgestellt werden. Zusammengefasst wird deutlich, dass die Datenhaltung und Datenaufbereitung entscheidend für die Effizienz von multimodalen Mobilitätsmanagern ist.

### 3.3.4 Daten

Aus der Kategorie *Daten*, welche erforderliche bzw. zur Verfügung gestellte Kunden-, Anbieter-, Geo-, Verkehrs- und Umgebungsdaten untersucht, greifen wir exemplarisch die Kundendaten als entscheidendes Merkmal für den Vergleich innovativer Mobilitätsservices heraus. Unter Kundendaten verstehen wir personenbezogene Daten, wobei wir unter dynamischen Kundendaten Standortdaten zusammenfassen, die sich räumlich und zeitlich permanent verändern. Statische Kundendaten hingegen verändern sich selten. Tabelle 4 zeigt die Analyseergebnisse, die mittels der Testinstanzen erhoben wurden.

	Summe	Moovel	Qixxit	Go Euro	Mobility Map	From AtoB	Allryder	Waymate	Rome2rio	Route RANK
<b>Statische Kundendaten</b>	<b>5</b>	x	x	x	x	x				
<b>Dynamische Kundendaten</b>	<b>5</b>	x	x	x	x		x			

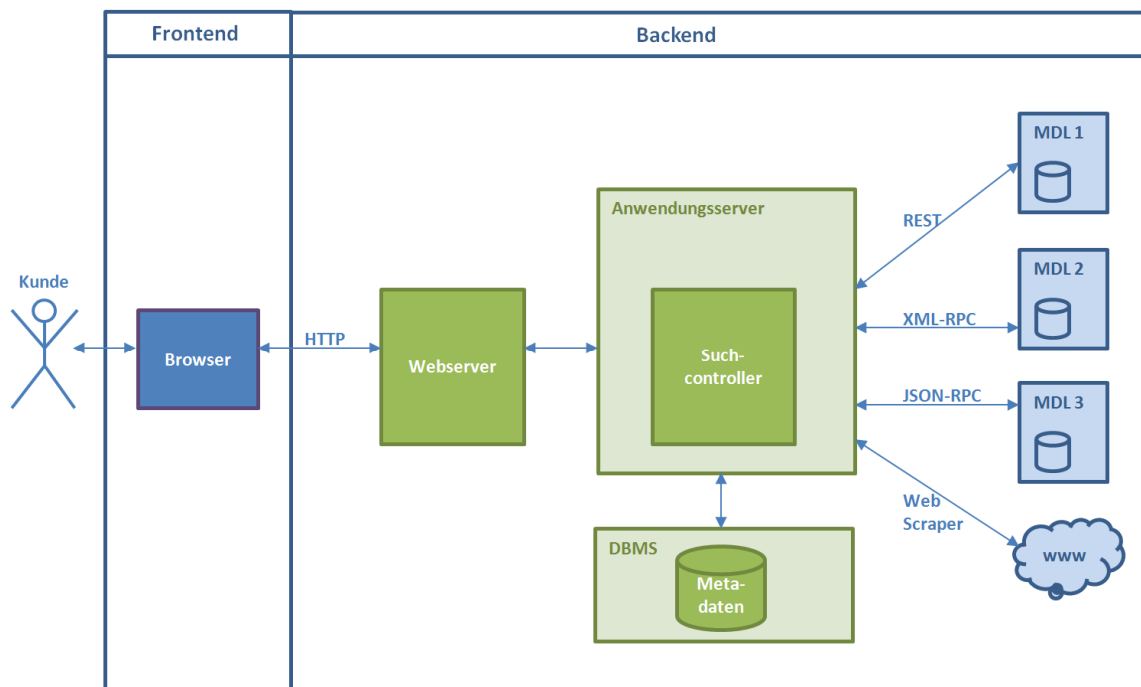
Tabelle 4: Nutzung von Kundendaten

Nur fünf Mobilitätsmanager verarbeiten statische Kundendaten und vier davon nutzen ein Kundenprofil für deren Speicherung. Dies können wir auf die unvollständige Abdeckung der Vereinbarungsphase zurückführen, denn die Verarbeitung personenbezogener Daten ist für Buchungsvorgänge notwendig, und ihre erneute Eingabe pro Buchung (wie z. B. bei *FromAtoB* erforderlich) nicht praktikabel. Die Verarbeitung statischer Kundendaten erfolgt regelmäßig dann, wenn ein multimodaler Mobilitätsmanager die gesamte Pre-trip-Phase unterstützt. Ein weiteres Ergebnis ist, dass dynamische Kundendaten typischerweise von nahverkehrsbezogenen Mobilitätsmanagern genutzt werden. Dies führen wir auf die Integration innovativer standortbasierter Shared-

Mobility-Services zurück, welche im Fernverkehr derzeit anscheinend (noch) keine große Relevanz hat.

### 3.3.5 Technologie

Um innovative Mobilitätsservices effektiv und effizient zu vergleichen, ist technologisch insbesondere die Architektur des Backends multimodaler Mobilitätsmanager entscheidend. Unsere Ergebnisse zeigen, welche Konzepte (verteiltes System oder zentrale Datenbank) derzeit verfolgt werden und inwieweit sich diese vom etablierten DELFI-Standard abgrenzen. Als Backend wird i. d. R. ein verteiltes System genutzt, das Mobilitätsservices in Echtzeit vergleicht. Abbildung 5 zeigt die Systemarchitektur eines verteilten Systems exemplarisch aus der Perspektive einer klassischen Webanwendung. Die Abbildung orientiert sich an der DELFI-Systemarchitektur (DELFI 2009) und an den Ergebnissen der Experteninterviews (2014), die für die Darstellung abstrahiert wurden.



**Abbildung 5: Typische Systemarchitektur eines multimodalen Mobilitätsmanagers**

Die Suchanfrage wird vom Browser an den Webserver geschickt und an den Anwendungsserver weitergeleitet. Dieser kommuniziert mit einem lokalen Datenbank-Management-System, das Metadaten enthält, die für die Suche und Ergebnisaufbereitung relevant sind (z. B. Orte und Haltestellen). Der Suchcontroller entscheidet anhand der Metadaten zu Start- und Zielort, welche Mobilitätsdienstleister-Schnittstellen (in der Abbildung als MDL bezeichnet) für die Suche angesprochen werden. Die Antworten werden aggregiert, bei großen Ergebnismengen zusätzlich gefiltert und als Suchergebnis an den Browser zurückgeschickt. Wird intermodal kombiniert, ist die Suche deutlich komplexer und der Einsatz eines Routing-Algorithmus im Sinne einer Kürzesten-Wege-Suche (Delling et al. 2009) notwendig, denn dabei muss mit einer Fülle an möglichen Kombinationen und Restriktionen umgegangen werden. Ein multimodaler Vergleich von Mobilitätsservices hingegen kann ohne Routing-Algorithmus durch geschickte Aggregation und Filterung realisiert werden, wie beispielsweise bei *Allryder* (Experteninterviews 2014).



Als Schnittstellen-Technologie finden insbesondere nicht standardisierte, leicht zu implementierende Web Services wie beispielsweise XML-RPC (Winer 1999) Verwendung. Der Web-Service-Standard SOAP (SOAP 2007) wird im Gegensatz zu DELFI nicht genutzt (Experteninterviews 2014), was möglicherweise auf seine recht aufwendige Einrichtung und Pflege zurückzuführen ist. Ebenso bieten innovative Mobilitätsdienstleister, die DELFI nicht integriert, ihre Informationen nicht immer über standardisierte Schnittstellen an.

Ein verteiltes Systems garantiert die Aktualität der Mobilitätsserviceinformationen, gleichzeitig besteht aber eine Abhängigkeit bezüglich ihrer Verfügbarkeit, was die Performance negativ beeinflussen kann. Alternativ kann eine zentrale Datenhaltung – wie beispielsweise *Rome2rio* sie einsetzt – die Performance optimieren, was wiederum zu Lasten der Aktualität geht. Möglicherweise würden auch alternative Architekturvarianten eine effektive und effiziente Orchestrierung von Mobilitätsservices gewährleisten.

## 4 Fazit

Die Marktanalyse hat aufgezeigt, wie Anbieter multimodaler Mobilitätsmanager derzeit versuchen die kundenorientierte Orchestrierung innovativer Mobilitätsservices funktional und technisch zu unterstützen. Funktional wird die Pre-trip-Phase noch nicht zufriedenstellend abgebildet. Dies kommt insbesondere durch mangelnde Reservierungs- und Buchungsfunktionen und die noch unzureichende Modellierung des Kunden und seiner Berücksichtigung in Form eines Kundenprofils zum Ausdruck. Hierbei könnte in einem nächsten Schritt evaluiert werden, ob eine Korrelation zwischen der expliziten Nutzung eines Kundenprofils und der Güte der Ergebnisse existiert. Ebenso fehlt i. d. R. die gemeinsame Unterstützung beider Anwendungsfälle des Nah- und Fernverkehrs, um das Mobilitätsproblem des Kunden vollständig zu lösen. Hierbei stellt insbesondere das Routing für intermodale Kombinationen von Mobilitätsservices noch eine Herausforderung dar. Die Einbindung innovativer Mobilitätsservices erfordert ein verteiltes System als Systemarchitektur, da ihre Verfügbarkeit sich permanent dynamisch verändert. Während für klassische fahrplan-gebundene Mobilitätsservices ihre konsistente Integration im Vordergrund steht, erfordern innovative Mobilitätsservices die Vorhersage ihrer Verfügbarkeit auf Basis von Nachfragemustern. Komplexe Verfahren und eine große historische Datenbasis sind notwendig, um verlässliche Prognosen bezüglich der Verfügbarkeit innovativer Mobilitätsservices zu erstellen. Offen geblieben ist auch, ob der Einsatz alternativer Architekturen sinnvoll wäre.

Kunden werden bereits teilweise bei der Lösung ihres Mobilitätsproblems unterstützt, sofern nur ein Anwendungsfall Relevanz hat. Diesbezüglich lassen sich jeweils geeignete multimodale Mobilitätsmanager benennen: Für eine spontane multimodale Suche innovativer Mobilitätsservices in der Großstadt ist *Allryder* zu empfehlen, da Mobilitätsservices hier insbesondere auch standortbezogen integriert werden. Zur Übersicht über alle fernverkehrsbezogenen intermodalen Kombinationen von Mobilitätsservices ist *Qixxit* empfehlenswert.

## 5 Literatur

BMVI Boltze M, Wolfermann A, Schäfer PK (2005) Leitfaden Verkehrstelematik. [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/leitfaden-verkehrstelematik.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/leitfaden-verkehrstelematik.pdf?__blob=publicationFile). Abgerufen am 1.3.2015

Bodendorf F (1999) Wirtschaftsinformatik im Dienstleistungsbereich. Springer Verlag, Berlin

- BVDW Lopez C (2014) Faszination Mobile: Verbreitung, Nutzungsmuster und Trends. <http://www.bvdw.org/mybvdw/media/download/bvdw-faszination-mobile-2014.pdf?file=3181>. Abgerufen am 19.8.2015
- DELFI o.V. (2009) DELFI Documentation Version 5.00. [http://www.delfi.de/sites/default/files/library\\_entries/Delfi5Doc\\_v1\\_0.pdf](http://www.delfi.de/sites/default/files/library_entries/Delfi5Doc_v1_0.pdf). Abgerufen am 19.8.2015
- DELFI o.V. (2015) Über DELFI. <http://www.delfi.de/ueber-delfi>. Abgerufen am 25.8.2015
- Delling D, Sanders P, Schultes D, Wagner D (2009) Engineering Route Planning Algorithms. In: Lerner J, Wagner D, Zweig KA (Hrsg) *Algorithmics of Large and Complex Networks: Design, Analysis, and Simulation*. Springer Verlag, Berlin
- Ehmke JF, Mattfeld DC (2006) Modellierung des Informationssystems für Car-Sharing-Anwendungen. In: Mattfeld DC, Suhl L (Hrsg) *Informationssysteme in Transport und Verkehr. Books on Demand*, Paderborn
- Experteninterviews (2014) Interviewpartner: Katja Heid (Produkt- und Partnermanagerin Qixxit), Stefan Kellner (CTO Allryder und Waymate), Simon Woker (Gründer Mobility Map)
- Gersch M, Goeke C (2004) Entwicklungsstufen des E-Business. *Das Wirtschaftsstudium (wisu)* 33(12):1529–1534
- Laudon KC, Laudon JP, Schoder D (2010) *Wirtschaftsinformatik: Eine Einführung*. 2. Auflage. Pearson Studium, München
- Mertens P, Bodendorf F, König W, Picot A, Schumann M, Hess T (2005) *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. 9. Auflage. Springer Verlag, Berlin
- Ricker V, Meisel S, Mattfeld D (2012) Optimierung von stationsbasierten Bike-Sharing Systemen. In: Mattfeld DC, Robra-Bissantz S (Hrsg) *Proceedings of MKWI 2012*. Braunschweig
- Scheer AW (1998) *ARIS – vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem*. 3. Auflage. Springer Verlag, Berlin
- SOAP o.V. (2007) SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition) W3C Recommendation 27 April 2007. <http://www.w3.org/TR/soap12/>. Abgerufen am 19.8.2015
- Stopka U (2014) Anforderungen an intermodale Nutzerinformationen aus Sicht der Wissenschaft. Institut für Wirtschaft und Verkehr, Technische Universität Dresden
- Vogel P, Ehmke JF, Mattfeld DC (2015) Service network design of bike sharing systems. [https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/wininfo/publications/service\\_network\\_design\\_of\\_bike\\_sharing\\_systems.pdf](https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/wininfo/publications/service_network_design_of_bike_sharing_systems.pdf). Abgerufen am 25.8.2015
- Winer D (1999) XML-RPC Specification. <http://xmlrpc.scripting.com/spec.html>. Abgerufen am 19.8.2015
- Winter A, Alt R, Ehmke J, Haux R, Ludwig W, Mattfeld D, Oberweis A, Paech B (2012) Manifest: Kundeninduzierte Orchestrierung komplexer Dienstleistungen. *Informatik-Spektrum* 35(6):399–408

# The Smart Mobile Application Framework (SMAF) – Exploratory Evaluation in the Smart City Context

Mario Nadj<sup>1,4</sup>, Felix Haeußler<sup>1</sup>, Stefan Wenzel<sup>2,4</sup>, and Alexander Maedche<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Mannheim, Institute of Enterprise Systems (InES),  
{nadj; haeussler}@es.uni-mannheim.de

<sup>2</sup> University of Bamberg, Faculty of Information Systems and Applied Computer Sciences,  
stefan.wenzel@uni-bamberg.de

<sup>3</sup> Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Information Systems and Marketing (IISM),  
alexander.maedche@kit.edu

<sup>4</sup> SAP SE, Walldorf, {mario.nadj; stefan.wenzel}@sap.com

## Abstract

What makes mobile apps “smart”? This paper challenges this question by seeking to identify the inherent characteristics of smartness. Starting with the etymological foundations of the term, elements of smart behavior in software applications are extracted from the literature, elaborated and contrasted. Based on these findings we propose a Smart Mobile Application Framework incorporating a set of activities and qualities associated with smart mobile software. The framework is applied to analyze a specific mobile application in the context of Smart Cities and proves its applicability for uncovering the implementation of smart concepts in real-world settings. Hence, this work contributes to research by conceptualizing a new type of application and provides useful insights to practitioners who want to design, implement or evaluate smart mobile applications.

## 1 Introduction

Every week another 1.3 million people move from rural areas in order to settle in a city (United Nations 2007). This development imposes significant challenges on today’s city infrastructures and resources, e.g. with respect to transportation or citizen service provision. The Smart City groups a multitude of initiatives with information technology (IT) at their core to encounter the issues of future metropolitan areas (Giffinger 2007). “Smart Mobile Apps” (SMA) are one major element of Smart Cities, used to improve and simplify the life of urban citizens. Thereby we define SMAs as mobile IT-based applications providing distinct smart services for users. They are labeled as “smart” as they help users via their internal logic to solve arising problems while assuring a simple and safe usage (Schlachtbauer et al. 2012). While we become familiar with the term “smart”, its meaning remains inconsistent. When being asked about smartness in smart devices, both laymen and experts name a blend of concepts such as connectivity, autonomy, sensors, communication, supportiveness, individual empowerment, cloud computing and context awareness (Gandhi and

Robbins 2015). While the individual concepts and technologies are well known, we observe a research gap where these technologies are combined to enable SMAs. Therefore, the objective of this paper is to narrow down the emerging research gap, and to open up opportunities for further research in this discipline. Two concise research objectives can be distinguished: (1) To conceptualize SMAs by identifying their underlying constituents and (2) to explore how SMAs may be implemented in the Smart City context by leveraging smart concepts. Researchers benefit from this conceptualization in multiple ways: First, researchers can more immediately investigate distinct aspects of smartness by building on or adapting the proposed conceptualization. Second, this conceptualization could present a starting point for a more vivid discourse about smartness in IT. Third, the framework might support practitioners to analyze existing applications for the use of smart concepts in order to derive requirements for their own application or to benchmark own developments against those of competitors.

## 2 Smartness

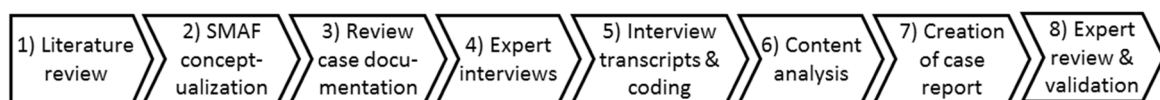
Smartness is a new buzzword to “describe technological, economic and social developments fuelled by technologies that rely on sensors, big data, open data, new ways of connectivity and exchange of information (e.g., Internet of Things, RFID, and NFC) as well as abilities to infer and reason” (Gretzel et al. 2015, p. 1). Harrison et al. (2010) argue that smartness comprises the use of operational, real-time data, its integration and sharing, as well as leveraging optimization, analytics, and visualization techniques to facilitate operational decision making. Recently, the term “smart” has been connoted with a multitude of different concepts related to IT. The term has been added to the physical infrastructure, such as Smart Home, to increase technology integration blurring the lines between the digital and physical world. In connection with technologies, such as Smart Card or Smart TV, the focus is on multi-level functionality and efficient connectivity, whereas concepts such as Smart Economy foster new collaboration forms and value creation (Gretzel et al. 2015). However, many people have only a vague idea of what they consider smart in IT as different people associate different qualities and activities with the term (Gandhi and Robbins 2015). The term often follows a particular political agenda in order to sell specific technical solutions (Gretzel et al. 2015). Specifically, this is true for the Smart City case which promotes projects such as the Open Data initiative of the German government or endeavors for free Wi-Fi hotspots in German cities. Although these new attempts describe valuable new insights to collect, manage or share data, they lack in a full overview of the smart qualities and activities needed to enable Smart City applications or technologies. Further, a clear definition of smartness in general is missing which fosters the excessive and inconsiderate use of the term “smart” (Gandhi and Robbins 2015). Thus, the term is interpreted highly inconsistently and ambiguously across research.

## 3 Research Method

The goal of this research is to propose and evaluate a framework for SMAs, the Smart Mobile Application Framework (SMAF) by identifying their constituents and investigating how such a framework can be constructed by using smart activities and qualities. We follow a qualitative research approach using a single case study design. Single case study designs are only meant to be applied, if the comprised case is of critical, unique, revelatory, representative or longitudinal nature (Yin 2014). We selected the emerging concept of the “Smart City” for our case study, as the nascent concept stage and the sparseness of existing mobile solutions clearly bears its revelatory nature.

**Case Study Context.** The mobile application “City App” revealed a very good fit for our single case study, as it uses a substantial amount of different smart concepts (cf. Table 2) and relevant documentation for data collection exists. SAP SE acts as the provider of the City App and the backend system supporting it. In order to deliver the specific app, the city must present its particular requirements, so that SAP can customize the app appropriately for the particular city. In addition, third parties may develop extensions and specific content for the app.

**Research Process.** The research process comprises a literature review dedicated to the first research objective and the actual case study dedicated to the second research objective (cf. Figure 1). An inductive approach to explore the constituents of SMAs was required, as there is a lack of proper conceptualization. The literature review was used to overcome this shortcoming by developing new theory from existing work (Webster and Watson 2002).



**Figure 1: Simplified Illustration of the Review Process**

In preparation of the data collection, a systematic literature review **(1)** was conducted to derive a theory-driven framework, guiding the data collection for our case study. Following the guidelines by Webster and Watson (2002) we have searched the leading journals and conferences by relying on the “WI-Journal list 2008” and the “WI List of Conferences, Proceedings and Lecture Notes 2008”. To cover the mobile aspects of SMAs, the CORE Computer Science Journal and Conference Rankings were additionally considered. Databases such as ProQuest, ScienceDirect and EBSCOhost were used for the search (i.e. terms applied: “Mobile OR “Smart” OR “Intelligent” AND “App\*”). Based on the literature review, we developed the SMAF **(2)** using two dimensions of smart software as a basis for the framework: smart activities and smart qualities. To acquire the relevant case data, two sources were used, i.e. documentation **(3)** and expert interviews **(4)**, which allowed for data triangulation to strengthen the construct validity (Yin 2014).

#	Role of Interviewee	Located	Medium	Duration (h:mm)
1	Project Manager	Germany	Face-to-Face	1:09
2	Software Architect	Germany	Face-to-Face	1:04
3	Software Architect	Germany	Face-to-Face	0:59
4	Researcher/Developer	Singapore	Telephone	0:57
5	Product Owner	Singapore	Telephone	1:01

**Table 1: Overview Interview Sample**

We used snowball sampling to identify the interview experts. The initial interviewee was the leading project manager (cf. Table 1), as he could provide a thorough overview of the subject and employees involved. The interviews were semi-structured, recorded and transcribed and we applied field notes during the interviews. A case study protocol and database were leveraged to store the collected data. We used a pre-defined set of codes from our literature review by deducing categories from the SMAF to code all interviews transcripts **(5)**. We applied the qualitative content analysis **(6)** approach as proposed by Gläser and Laudel (2013) to ensure that potentially new aspects discovered during data analysis could be considered at the category or variable level. NVivo was used to support our data analysis. Our case was supplemented with a case report including a qualitative case description **(7)**. We validated our results with four experts (two academic and two practitioners) **(8)**.

## 4 The Smart Mobile Application Framework (SMAF)

Due to the inconsiderate use of the term “smart”, it remains unclear what the inherent qualities and activities of smartness are. Our review of existing definitions reveals that intelligence is a concept related to smartness. We observe applications of computational intelligence (CI) to derive characteristics of intelligent applications and cluster them within a framework along two dimensions (cf. Table 2): (1) the horizontal dimension is dedicated to the activities associated with smartness and (2) the vertical dimension comprises the smart qualities. Smart activities include “Sensing”, “Decision Making” and “Learning” to illustrate how SMAs act intelligently (e.g. Poole et al. 1998; Russel and Norvig 2010), whereas the smart qualities show the abilities of SMAs of being social, proactive, reactive and acting autonomously (e.g. Woolridge and Jennings 1995). Given the lack of precision regarding the definition of smartness, the above mentioned activities and qualities are considered necessary for smart behavior, whereas additional qualities complement such behavior. We identified “Energy & Resource Management” as relevant smart quality.

	Sensing	Decision Making	Learning
<b>Autonomy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physical Sensing</li> <li>• Virtual Sensing</li> <li>• Logical Sensing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalization</li> <li>• Passive / Active Context Awareness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomous Learning</li> <li>• Semi-autonomous Learning</li> </ul>
<b>Social Ability</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• App to User</li> <li>• App to Environment</li> <li>• App to Infrastructure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distributed Decision Making</li> <li>• Client/Server Task Sharing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• User Interaction Learning</li> <li>• Environment Learning</li> </ul>
<b>Proactivity</b>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicit Capabilities</li> <li>• Explicit Capabilities</li> </ul>	-
<b>Reactivity</b>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specification-based</li> <li>• Learning-based</li> </ul>	-
<b>Energy Resource Mgt.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy-aware Sensing</li> <li>• Distributed Storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy-aware Adaptations</li> <li>• Resource-aware Adaptations</li> </ul>	-

**Table 2: Smart Mobile Application Framework (SMAF)**

### 4.1 Sensing

**Autonomy.** Autonomous sensing refers to acquisition of contextual information without direct user intervention (Woolridge and Jennings 1995). In general, three types can be distinguished (De Figueiredo et al. 2011): (1) physical, (2) virtual and (3) logical sensing. Physical sensors represent hardware sensors capable of capturing physical data. Virtual sensors capture data from software applications or services. Logical sensing combines data of multiple sensors (Lee et al. 2013).

**Social Ability** is interpreted as the capability to retrieve information provided from users or other systems in the sensing context (Woolridge and Jennings 1995). We identified that SMAs require a human interface as the interaction to users represents a key concern. The evolution of voice and gesture recognition, eye tracking and encephalography (EEG) further increases the level of user interaction (Geller 2012). Connectivity to the cloud, other devices, and stationary objects comprises a further key capability of the latest mobile devices. Cellular networks or Wireless Local Area Networks (WLAN) connect mobile devices with the internet and with each other (Nicholson and Noble 2008). Likewise, point-to-point communication technologies (e.g. Bluetooth) can establish communication between several devices, or stationary objects.

**Energy & Resource Management** is not a quality typically assigned to intelligent agents. However, SMAs are always used in the context of human-grade use cases. Without such quality certain use cases would not be feasible and hence not considered smart. For instance, sensing can be energy-intensive and saving strategies are needed: optimization of sensing intervals, compressed sensing, adaptive sampling, or pooling contextual information to share them among different apps on one device are popular applied strategies (e.g. Lane et al. 2014). Similarly, it can make sense to share sensor data between owners of different devices (Lee et al. 2013). Also logical sensing can be applied to save energy by using lower-power sensors as replacement for energy-intensive sensors if their capabilities are sufficient. Last, extending data storage to the cloud should be supported (Abolfazli et al. 2014), as storage is typically a scarce resource.

## 4.2 Decision Making

**Autonomy.** Barkhuus and Dey (2003) distinguish three types of interaction between users and applications with respect to decision making: First, personalization is dedicated to letting the user specify how an app should react in particular situations. Second, passive context awareness refers to presenting information to the user, whereupon the user can make an adaptation decision. Third, active context awareness is associated with autonomously changing “the application behavior according to the sensed information” (Barkhuus and Dey 2003, 2). There is a large debate about when to involve the user, as autonomous actions can induce users’ feelings of loss of control (Barkhuus and Dey 2003). In contrast, too much interaction can impair usability.

**Social Ability.** As mobile devices get more and more connected to other devices and infrastructures, there are techniques to distribute the processing of application tasks between mobile client and external entities, in order to improve decision making. Contrary, strong reliance on distributed resources increases the danger of low offline usability in case of lacking connectivity and fluctuating bandwidth (Abolfazli et al. 2014). Hence, applications should prepare for situations in which communication might be perturbed or interrupted, and adapt its behavior appropriately for instance by relying on partially cached data and thus increasing independence from remote processing and external data repositories (Abolfazli et al. 2014).

**Reactivity** is about using sensed data for particular application purposes. A prerequisite is to identify high-level situations properly by reasoning on low-level sensor data about the user’s environment, the current state of the device, and information about the user and nearby devices or objects (Ye et al. 2012). In general, one can distinguish specification-based and learning-based approaches: Specification-based approaches focus on creating situation models based on a priori expert knowledge and typically rely on logic programming, ontologies and reasoning engines. Learning-based approaches can be grouped into four categories (Ye et al. 2012): bayesian derivatives, information entropy, grammar and pattern mining. However, the nature of reactions on identified situations largely depends on the individual application and its purpose. One can distinguish three basic kinds of context-aware reactions (Dey and Abowd 2001, 5): (1) services and information presentation to a user, (2) automatic service execution and (3) context tagging.

**Proactivity.** In the context of decision making, proactivity can be understood at two different levels: (1) prediction and (2) the way of approaching the user. With respect to prediction, proactivity serves to identify future context and to leverage this knowledge for performing predictive actions (Boytssov and Zaslavsky 2011). Many of the aforementioned specification-based and learning-based techniques can also be applied for predicting context (Boytssov and Zaslavsky 2011). Proactivity is also concerned with deciding how and when to approach users. The most prominent techniques in

this context comprise notifications and widgets. The disruptive nature of notifications can undermine users' capability of performing other tasks (Shirazi et al. 2014). There are two approaches to encounter these effects: (1) identifying situations, in which the user is not engaged in a task, or (2) deciding whether to approach the user based on the importance of the notification.

**Energy & Resource Management.** Computation offloading, i.e. remote processing by other devices offers opportunities for saving energy and boosting performance of decision making (Shi et al. 2012). In general, one can distinguish approaches, which seek to offload computation to a cloud infrastructure from those which try to outsource processing to other mobile devices (Shi et al. 2012). Not all actions within applications necessarily require high performance and immediate processing. Delay tolerant applications postpone processing, whenever immediate execution of tasks is avoidable by waiting for situations in which more energy efficient technologies can be used for data transmission (Wang et al. 2007).

### 4.3 Learning

**Autonomy.** One can distinguish supervised, unsupervised and reinforcement learning. Supervised learning approaches require a set of labelled data, such that a model can be trained for inferring or predicting the classes a data sample belongs to (Huai et al. 2014). Such classifiers are trained first by the developers and are then integrated into the app (Lane et al. 2014). Another approach involves applications trying to learn classifiers on their own (Cheng et al. 2013). Yet, such approaches suffer from the fact that applications may be able to distinguish certain patterns, but have to rely on users for labelling these patterns. Unsupervised learning does not rely on any observations and can thus be implemented autonomously, yet it “cannot explicitly reveal the semantic meanings of contexts” (Huai et al. 2014, 4), so that it cannot be applied effectively to context recognition. Reinforcement learning deals with “the problem faced by an agent that must learn behavior through trial-and-error interactions with a dynamic environment” (Kaelbling et al. 1996, 237). Thereby an application can observe the consequences from its actions and leverage this insight to improve its future actions.

**Social Ability** can also be applied to learn from user interaction or to improve other communication types. Learning about users' interaction with the application can significantly improve user experience and provides possibilities to adapt the application's behavior to the user. Likewise, applications can use information about connectivity to network infrastructures, e.g. by collecting information about the network connectivity at distinct locations, in order to forecast connectivity for traveling users to “more intelligently schedule network usage” (Nicholson and Noble 2008, 46).

## 5 City App Use Cases

Following, we describe the four main use cases which are currently supported by the City App:

**(1) Entertainment.** The app supports users with city “Events”. Various phases of events with respect to user intentions are distinguished. In the discovery phase the City App supports the user to search for city events. A user in the decision enablement phase can review event information and bookmark events for later retrieval. In the confirmation phase the user acquires event tickets through the app. In the pre-event phase, the user will be reminded of the event, can make use of navigation and transport information, and check for free parking lots. The latter two actions are supported by an integration with the transportation and parking use cases presented below.



**(2) City Infrastructure & Citizen Services.** The app provides citizens with information about the municipal authorities' services and offers direct access to digital citizen services (e.g. filing requests to authorities). The "Safe City" features are dedicated to improve individual and community safety: users can send emergency notifications to the police and can enable other users to track them based on the device's GPS data. Further, they can request information about their current location or report unsafe zones. In turn, routing recommendations are given based on the safety indications reported by the community to avoid dangerous areas. With "Issue reporting" users can report issues such as contamination or road damages using the devices camera capabilities. A workflow engine at the authorities automatically triggers the required follow-up activities. The "Parking" use case focuses on exposing the real-time availability of parking lots and also predicting future availability.

**(3) Local Commerce.** For local commerce, "Deals" are offered to citizens and tourists. Payment is processed through third party gateways. In exchange for a payment, the user receives a coupon for the respective deal, e.g. in form of a QR code, which can be redeemed in local stores participating in the respective campaign.

**(4) Multi-Modal Transportation** is a feature recommending users the best way through the city based on their individual preferences. It considers both public and private transportation options. Consequently, not only transportation options offered by the city itself, but the use of taxis, car or bike sharing and similar modes of transportation are considered.

## 6 Smart Qualities of the City App

This section outlines the smart qualities applied in the City App context by discussing the SMAF along the activities "Sensing", "Decision Making" and "Learning". The overall results of our analysis are summarized in Table 3.

	Qualities	General Characteristics	City App Implementation
Sense	Autonomy	Virtual Sensing Physical Sensing Logical Sensing	<i>3rd party partner &amp; City App backend services</i> GPS, Camera, Microphone <i>QR coding; Beacon technology; NFC</i>
	Social Ability	App-to-User App-to-Environment App-to-Infrastructure	Graphical User Interface; Voice Recognition <i>QR coding, Beacon Technology, NFC</i> Hana Cloud Platform (HCP)
	Energy & Resource	Energy-aware Sensing Distributed Storage	None None
Decision Making	Autonomy	Personalization Passive Context-Awareness Active Context-Awareness	Notifications <i>Smart Privacy</i> Context-aware Content Adaptation
	Social Ability	Distributed Decision Making Client/Server Task Sharing	Recommender Engine in backend Client/Cloud task sharing
	Proactivity	Implicit Capabilities Explicit Capabilities	Prefetching Notifications; <i>Context-aware Widgets</i>
	Reactivity	Learning-based Specification-based	Context-aware & <i>Social</i> Recommendations None
	Energy & Resource	Energy-aware Adaptation Resource-aware Adaptation	Minimization of Network Requests Use of delay Tolerance Mechanisms
Learn	Autonomy	Autonomous Learning Semi-autonomous Learning	User Behavior None
	Social Ability	User Interaction Learning Environmental Learning	Use of User Interaction Data for App improvements None

**Table 3: Overview of the Case Study Findings; Cursive activities represent future development plans**

## 6.1 Sensing

**Autonomy.** The City App can make intensive use of virtual sensing by acquiring data from the City App backend and 3rd party partner backend systems. Physical sensors applied throughout City App use cases are primarily GPS, camera and microphone. Logical sensing can be performed in the context of location detection by making use of micro-location services such as QR coding, beacon technology and Near-Field Communication (NFC) for indoor positioning.

**Social Ability.** User interaction is restricted to navigation via a graphical user interface. An interviewed software architect points to a particular dilemma emerging in the world of mobile application development with respect to user interaction: “There are two trends: one trend is that mobile devices get bigger, and the other trend is that mobile devices get even smaller, that is wearables”. Hence, it will be essential to provide more convenient input possibilities such as voice recognition for versions of the app dedicated to wearables. While the SAP Hana Cloud Platform (HCP) is used for hosting the backend components of the mobile app, there are technologies intended to establish communication between devices and stationary objects. QR coding and beacon technology is intended to provide information to users at distinct places while Near-Field Communication (NFC), on the other hand, is considered for making mobile payments.

**Energy & Resource Management.** The app does not yet make use of any particular energy saving strategies dedicated to physical sensing. However, the energy-drainage quest might not be so important for the City App, since the app aims at a relatively new generation of mobile phones and highly energy-draining activities such as continuous sensing are largely omitted at present.

## 6.2 Decision Making

**Autonomy.** The City App currently makes use of personalization and active context awareness. For instance, users can personalize app behavior by indicating whether they want to receive notifications. Autonomous adaptation of recommended information such as in the “Events” or “Deals” use case represents a type of active context-awareness. A type of passive context awareness might be introduced by the “Smart Privacy” functionality. Smart Privacy focuses on engaging the user into data collection decisions. A product owner refers to this mechanism as follows: “[...] the buzzword in this context is Smart Privacy, so that we collect only information, when it is transparent to the user, why we do this. [...] you search for instance for concerts within a 5km radius and the user does this three times in a row. Then the app will prompt you after the third time: are you generally interested in this? Do you want more information (..)?”.

**Social Ability.** The app makes comprehensive use of combining client and backend capabilities. A software architect provides an example for balancing backend and client capabilities: “We cache data in a local database and when you start searching, the results from the local database are shown. At the same time, a request is sent to the backend, and when the response is received, the results are fed in”. Synchronizing cached and server-side provided information substantially increases responsiveness of the application, especially if network latency is high.

**Proactivity.** The mobile app makes use of both implicit and explicit proactivity techniques to support the user. A great part of the app functionality can be used relying on locally cached data, so that additional network requests are largely avoided. This kind of implicit capability entitled prefetching is primarily intended to reduce the number of requests made from the mobile client to the backend. Proactivity with regard to approaching the user (explicit capabilities) is a particularly sensitive issue in the City App context. While push notifications are applied, their use is very

restricted, “[...] because we have recognized that notifications are not particularly desired. Most users turn off the recommendations, because there are too many of them”. Thus, more emphasis is put on in-app proactivity by leveraging widget elements to inform users proactively when they actually interact with the app.

**Reactivity.** Apart from the plans to implement context-aware widgets, context-aware adaptation is predominantly performed in the “Deals” and “Events” use cases to sort lists of available deals or events based on user preferences, which are inferred by analyzing information about user behavior. Moreover, research is being conducted about extending the current recommendation functionality by also considering environmental context such as location and introducing group recommendations relevant to members of an entire social group. Currently, recommendations for deals are computed based on the combination of four techniques including popularity ranking, collaborative filtering, keyword pair association and purchasing pattern analysis.

**Energy & Resource Management.** One particular area in which the mobile app can exploit delay tolerance is maintenance tasks such as the transmission of logged usage analytics from the mobile client to the backend. In order to save battery life, mobile processors go to sleep mode if they are not required. Conducting maintenance tasks in one block reduces the number of processor and other peripherals wake ups. As most of today’s mobile devices possess multicore processors, parallel execution of maintenance tasks can also save energy. Moreover, data acquisition is largely pull-based, i.e. network requests are predominantly upon explicit user interaction.

### 6.3 Learning

**Autonomy.** Currently, no semi-autonomous learning techniques are applied. Learning processes are performed autonomously by evaluating information from users’ behavior in the backend.

**Social Ability.** A City App optimization to spatial fluctuations in network latency is currently not pursued as an increasing number of cities provides ample and free or low-cost access to wireless local area networks. Learning about user interaction is performed by transmitting user data to the backend, and evaluated by developers for improvements in navigation and content presentation

## 7 Discussion

While there have been attempts to define the term “smart” with respect to IT, it remained unclear what the inherent qualities and activities of smartness are. Our review of existing definitions in the context of computational devices revealed that intelligence seems to be a related concept to smartness. It is possible to observe applications of computational intelligence (CI) to get an idea of what characteristics an intelligent application should expose. Poole et al. (1998) define intelligent agents as systems that act intelligently by (also referred to as smart activities): learning from experience (Learning), and making appropriate choices given the systems limitations (Decision Making). Russel and Norvig (2010) further stress out the fact that intelligent agents should be capable of gathering useful information from the environment (Sensing). Woolridge and Jennings (1995) ascribe intelligent agents the abilities (also referred to as smart qualities) of being social, proactive, reactive and acting autonomously. However, whereas CI describes individual technologies such as deep learning or neural nets, SMAs take on more the outside view from a user’s perspective. In that sense, an application might be considered as smart even if it is not using technologies typically classified as CI, but if they in turn comply with other smart qualities. Energy & Resource Management is such quality. Moreover SMAs put much more focus on the human-

grade use case they support: e.g. SMAs require a human interface to interact with users, whereas the task performed by an intelligent agent might be a very fine-granular piece in a broader context with no human interaction. Thus, classic CI follows the weak notion of artificial intelligence (AI). The weak notion of AI is based on the notion of rational intelligence, which restrains the abilities of an intelligent agent to those that suffice to achieve “some defined performance measure given what it knows about its environment and about the effects of its own actions and about the current and past states of the system and the environment” (Poslad, 2009, 247). In contrast, we identified that SMAs represent a new class of intelligent apps following the strong notion of AI, which in addition to the weak notion, also replicates human behavior and is designed to enable the exhibition of emotional trades and higher human interaction levels (e.g. Woolridge and Jennings 1995).

The case analysis clearly revealed that there are *trade-offs* to be made: e.g. extensive use of different technologies is frequently associated with high energy consumption. Likewise, too strong reliance on backend capabilities might impair usability in situations, in which communication with the backend is not possible. Therefore, the implementation of a certain smart qualities requires investigating the effect it might have on important features of the application. Similarly, some smart qualities depend on the existence of other smart qualities (e.g. availability of a location sensor, if location is used as a context variable in the application). However, less obvious *dependencies* and interaction effects may unfold between smart qualities. Hence dependencies should be studied carefully. Ideally, every kind of smart quality, which is susceptible to failure, should be complemented with *countermeasures* to guarantee continuous application availability. The City App clearly outlined how offline capabilities complement social abilities to cope with network outages or bottlenecks, and to generally reduce backend reliance. This observation highlights the dependency of SMAs on environmental resources such as the availability of communication infrastructures. Therefore it is important to account for the locality in which the application will be applied. A further aspect that was uncovered is that SMAs can require different types of smart qualities throughout their *lifecycle*. Especially applications, which make extensive use of learning-based methods for providing certain functionality, can suffer from the lack of available data for interpretation, once the application is launched. To overcome the issue, external data can be used or a gradual transition from specification-based to learning-based models is applied. Last, the underlying *platform* of the app is an important aspect to be considered. The implementation of smart qualities can both support and impede the creation of native mobile applications, e.g. the current Android and iOS versions offer different capabilities regarding the detection of user locations. Likewise, the choice of the platform used for the backend can have great impact in realizing smart qualities.

## 8 Conclusion

This paper has conceptualized SMAs by describing their inherent qualities and activities. The analysis of the state of the art shows that most elaborations of smartness point to the concept of intelligence as fundament of smart behavior. However, SMAs represent a new class of intelligent application as they clearly focus on human-grade uses cases, whereas intelligent agents might represent a very fine-granular piece with no human interaction. In this line, we identified one additional quality of smartness in the context of mobile applications during our literature analysis and integrated it into the existing set. Based on these findings, the SMAF was derived, which aims to resolve the ambiguities surrounding the meaning of smartness. To address the SMAs implementation aspects, a case study dedicated to the mobile application entitled City App from the

Smart City domain was selected. The case study contributes to research by illustrating how the framework can be applied in practice and presents a first evidence of the appropriateness of the framework for analyzing real-world applications. From a practical perspective, the framework can be used for studying existing SMAs or serve as a tool for developing new SMAs. Likewise, the framework can benchmark own developments against rival applications. We are aware that our paper has some limitations. Any bias in the selected outlet and keywords may also provoke a bias in the conceptualization. Regarding the case study it is important to recognize that the generalizability of the findings is limited, as the analysis of smart capabilities at the example of a single application does not necessarily imply that the framework covers all requirements to be satisfied by other applications. We invite future research to (1) identify additional qualities and activities which might complement SMAs and (2) test our framework in different contexts.

## 9 Literature

- Abolfazli S, Sanaei Z, Gani A, Xia F, Yang LT (2014) Rich Mobile Applications: Genesis, Taxonomy, and Open Issues. *Journal of Network and Computer Applications* 40:345–362.
- Barkhuus L, Dey AK (2003) Is Context-Aware Computing Taking Control Away from the User? Three Levels of Interactivity Examined. In: Dey AK, Schmidt A, McCarthy JF (eds) *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 149–156.
- Boytsov A, Zaslavsky A (2011) Context Prediction in Pervasive Computing Systems: Achievements and Challenges. In: Burstein F, Brézillon P, Zaslavsky A (eds) *Supporting Real Time Decision-Making*. Springer US, Boston, MA, pp 35–63.
- Cheng HT, Sun FT, Griss M, Davis P, Li J, You D (2013) NuActiv: Recognizing Unseen New Activities Using Semantic Attribute-Based Learning. In: Chu H-H, Huang P, Choudhury RR, Zhao F (eds) *MobiSys 13'*, pp 361–374.
- De Figueiredo HF, da Silva TE, de Paiva AC, de Queiroz JER, de Souza Baptista C (2011) Infrastructures for Development of Context-Aware Mobile Applications. In: Cruz-Cunha MM, Moreira F (eds) *Handbook of research on mobility and computing*. Information Science Reference, Hershey, PA, pp 1104–1117.
- Dey AK, Abowd GD (2001) Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing* 5(1):4–7.
- Gandhi A, Robbins B (2015) SAP partner zone: What makes smartphones smart? - video. <http://www.theguardian.com/sap-partner-zone/>. Accessed 23 Mar 2015.
- Geller T (2012) Talking to machines. *Communications of the ACM* 55(4):14–16.
- Giffinger R, Fertner C, Kramar H, Kalasek R, Pichler-Milanovic N, Meijers E (2007) Smart Cities: Ranking of European medium-sized cities. Vienna University of Technology.
- Gläser J, Laudel G (2013) Life with and without coding: Two methods for early-stage-data analysis in qualitative research aiming at causal explanations. *Forum Qualitative Social Research* 14(2).
- Gretzel U, Sigala M, Xiang Z, Koo C (2015) Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets* 25(3):179–188.
- Harrison C, Eckman B, Hamilton R, Hartswick P, Kalagnanam J, Paraszczak J, Williams P (2010) Foundations for smarter cities. *IBM Journal of Research and Development* 54(4):1–16.

- Huai B, Chen E, Zhu H, Xiong H, Bao T, Liu Q, Tian J (2014) Toward Personalized Context Recognition for Mobile Users: A Semisupervised Bayesian HMM Approach. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data* 9(2):1–29.
- Kaelbling LP, Littmann ML, Moore AW (1996) Reinforcement Learning: A Survey. *Journal of Artificial Intelligence Research* 4(5):237–285.
- Lane ND, Xu Y, Lu H, Hu S, Choudhury T, Campbell AT, Zhao F (2014) Community Similarity Networks. *Personal and Ubiquitous Computing* 18(2):355–368.
- Lee Y, Min C, Hwang C, Lee J, Hwang I, Ju Y, Yoo C, Moon M, Lee U, Song J (2013) SocioPhone: Everyday Face-to-Face Interaction Monitoring Platform Using Multi-Phone Sensor Fusion. In: Chu H-H, Huang P, Choudhury RR, Zhao F (eds) *MobiSys 13*. pp 375–388.
- Nicholson AJ, Noble BD (2008) BreadCrumbs: Forecasting Mobile Connectivity. In: Garcia-Luna-Aceves JJ, Sivakumar R, Steenkiste P (eds) *MobiCom 08*. pp 46–57.
- Poole DL, Mackworth AK, Goebel R (1998) *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford University Press, New York.
- Poslad S (2009) *Ubiquitous computing: smart devices, environment and interaction* (John Wiley & Sons Ltd.).
- Russell SJ, Norvig P (2010) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, third edit, Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Shirazi AS, Henze N, Dingler T, Pielot M, Weber D, Schmidt A (2014) Large-scale assessment of mobile notifications. In: Jones M, Palanque P, Schmidt A, Grossman T (eds) *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. pp 3055–3064.
- Schlachtbauer T, Stanzl G, Pühler M, Schermann M (2012) Smart Automotive Apps für kundenorientierte Dienstleistungen im Fahrzeug. In: Verclas S, Linhoff-Popien C (eds) *Smart Mobile Apps*. pp 27–41.
- Shi C, Lakafosis V, Ammar MH, Zegura EW (2012) Serendipity: Enabling Remote Computing among Intermittently Connected Mobile Devices. In: Nasipuri A, Hu Y-C, Shakkottai S (eds) *MobiHoc '12*. pp 145–154.
- United Nations (2008) *World Urbanization Prospects The 2007 Revision: Highlights*. <http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007.pdf>. Accessed 28 Jan 2015.
- Wang W, Srinivasan V, Motani M (2007) Adaptive Contact Probing Mechanisms for Delay tolerant applications. In: Kranakis E, Hou J, Ramanathan R (eds) *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Mobile computing and networking*. pp 230–241.
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly* 26(2):8–23.
- Woolridge M, Jennings NR (1995) Intelligent agents: theory and practice. *Knowledge Engineering Review* 10(2):115–152.
- Ye J, Dobson S, McKeever S (2012) Situation identification techniques in pervasive computing: A review. *Pervasive and Mobile Computing* 8(1):36–66.
- Yin RK (2014) *Case study research: Design and methods*, Fifth edit. Sage Publications, Thousand Oaks, California.

# **Kundenzentrierte Komposition komplexer Dienstleistungen – Eine empirische Untersuchung der Vorteile kundenzentrierter Servicekomposition**

**Stephan Sachse<sup>1</sup> und Rainer Alt<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, stephan.sachse@uni-leipzig.de

<sup>2</sup> Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, rainer.alt@uni-leipzig.de

## **Abstract**

Kundenselbstbedienung hat mit der Digitalisierung zugenommen. Im digitalisierten Dienstleistungssektor stellen Kunden selbstständig Services zu individualisierten Lösungen zusammen. Dieser Beitrag argumentiert, dass der Schlüssel für die kundenzentrierte Dienstleistungskomposition in komplexen Domänen in der Vorverkaufsphase und im Verständnis über den Entscheidungs- und Denkprozess des Kunden liegt. Anhand eines Feldexperiments untersucht er drei Fragestellungen bezüglich der kundenzentrierten Dienstleistungskomposition: 1. Sind Kunden in der Lage sich selbstständig Dienstleistungsbündel in komplexen Domänen zusammenzustellen? 2. Sind Kunden gewillt den Prozess der kundenzentrierten Dienstleistungsbündelung zu durchlaufen? 3. Stiftet eine kundenzentrierte Dienstleistungskomposition Kunden einen vergleichbaren oder höheren Nutzen als eine produktzentrierte Komposition? Ein Experiment zeigt positive Ergebnisse bei allen drei Fragen.

## **1 Kundenzentrierung im Dienstleistungssektor**

Digitalisierung bewirkt eine grundlegende Transformation des Dienstleistungssektors. Elektronische und hybride Interaktion ersetzen zunehmend traditionelle Formen der Dienstleistungserbringung. So nutzen fünf der zehn wertvollsten Unternehmen der Welt dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle, die fast ausschließlich auf IT beruhen (Financial Times 2013). Beschleunigt wird dieser Trend zur Digitalisierung durch die Vielzahl technologiebasierter Innovationen sowie die zunehmende Durchdringung der Kundensegmente mit IT. Vor diesem Hintergrund beschreibt „Consumerization“ (vgl. Weiß and Leimeister 2012) die zunehmende Ausrichtung von Anwendungssystemen und IT-Infrastrukturen an den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Konsumenten. Dies sorgt für eine nachhaltige Verschiebung der Marktstrukturen in Richtung des Kunden. Dieser verfügt heute über umfangreichere Möglichkeiten denn je, um Dienstleistungen selbstständig auszuwählen und zu nutzen.

Ein weiterer Trend ist die zunehmende Zersplitterung des Dienstleistungssektors („Unbundling“). Viele neue Anbieter (bspw. Technologieanbieter, Startups, Kommunikationsprovider) erkennen

und bedienen Marktnischen, welche bislang unbeachtet blieben. Der Kunde kann somit aus einer größeren Vielfalt wählen, steht jedoch auch höherer Komplexität gegenüber. Die meisten Anbieter fokussieren dabei auf eine klar abgegrenzte Leistung (bspw. eine App). Das Konzept der integrierten Leistungserbringung („alles aus einer Hand“) verliert dadurch in der Praxis immer mehr an Bedeutung. Stattdessen obliegt es dem Kunden eigenständig ein Dienstleistungsnetzwerk zu koordinieren.

Durch die genannten Trends Digitalisierung, Konsumerisierung und dem sog. „Unbundling“ der Leistungserbringung findet ein Paradigmenwechsel statt. Die bisherige Fokussierung der Wirtschaftsinformatik auf die Anforderungen der Unternehmen weicht der Erkenntnis, dass zukünftig der Kunde im Mittelpunkt des wirtschaftlichen Handelns und Denkens steht.

Dieser Beitrag betrachtet einen grundlegenden Aspekt im gegenwärtigen Wandel zur Konsumenten- bzw. Kundenzentrierung. Wenn der Kunde im Mittelpunkt steht, dann muss er auch in der Lage sein die ihm umgebende Vielfalt und Komplexität zu steuern und zu verwalten. Diese Arbeit betrachtet den Aspekt der selbstständigen Auswahl und Zusammenstellung von Dienstleistungen als Ausgangspunkt für kundenzentrierte Märkte. Ein Experiment bestätigt, dass die Übertragung kundenzentrierter Denkweisen auf die IT hohe Potenziale aufweist und IT einen geeigneten Enabler für kundenzentrierte Infrastrukturen darstellt.

## **2 Grundlagen der Kundenzentrierung**

### **2.1 Eigenschaften der Kundenzentrierung**

Kundenzentrierung findet in vielen wissenschaftlichen Themengebieten Beachtung. Beispielsweise zielen im Prozessmanagement jegliche Aktivitäten darauf ab, ein Ergebnis für den Prozesskunden zu erzeugen (Füermann 2014). Diese Kunden können intern und extern im Unternehmen, sowie Geschäfts- oder Privatkunden sein. Insbesondere letztere Gruppe, das Segment der Endverbraucher bzw. Konsumenten, wird oftmals mit Kundenzentrierung assoziiert - so auch in dieser Arbeit, wo Kundenzentrierung mit Konsumentenzentrierung gleichgesetzt werden. Kundenzentrierung im Sinne einer Outside-In-Betrachtung (vgl. Gulati 2010) beschreibt die Gestaltung von (Geschäfts-)Strukturen und Prozessen aus der Sichtweise des Kunden. Es zeichnet sich durch vom Kunden ausgehende Prozesse und Tätigkeiten aus (welche somit kundeninduziert sind). Kundenzentrierte Anforderungen beziehen sich in der Regel auf Kundenbedürfnisse. Demgegenüber sind unternehmens- bzw. anbieterzentrierte Ansätze oftmals produktbezogen. Die Produkte werden zumeist über Produktattribute und Parameter beschrieben. Dementsprechend sind die auf Dienstleistungsmärkten zusammengeführten Entitäten auf Kundenseite Bedürfnisse und auf Anbieterseite Produkte. Dies widerspricht nicht der gängigen Marketingliteratur, wonach Unternehmen durchaus kundenorientiert sein können – die Initiative geht dabei jedoch stets vom Anbieter aus und resultiert oftmals lediglich in einer besseren Gestaltung der angebotenen Produkte. Betreffend der Marktstrukturen, lässt sich Kundenzentrierung mit Pull-Märkten gleichsetzen im Gegensatz zu den anbieterzentrierten Push-Märkten.

Im Dienstleistungssektor hat Kundenzentrierung eine wesentlich höhere Bedeutung als im produzierenden Bereich (Harmsel 2012). Die Anpassung der Dienstleistungserstellung an die Bedürfnisse des jeweiligen Kunden ist essentiell für die Schaffung eines Nutzens (vgl. Winter 2002). Während physische Güter über die Veränderung von Produktparametern konfiguriert und kundenindividuell produziert werden können, geschieht die Individualisierung von



Dienstleistungen primär über Leistungsbündelung. Dies findet unter engem Einbezug des Kunden in den Leistungserstellungsprozess statt. Insbesondere vor dem Hintergrund der „Mass Customization“ ist das Verständnis über alternative Formen der Personalisierung von Grundlegender Bedeutung (siehe Tabelle 1). Dem digitalisierten Dienstleistungssektor fehlen bislang geeignete Formen der kundenindividuellen Massenfertigung (vgl. Walcher and Piller 2012).

	Dienstleistungen (immateriell)	Güter (physisch)
<b>Individualisierung</b>	Interaktive Leistungserstellung	Parametrisierung
<b>Beschreibung</b>	Nicht-funktional und subjektiv	Funktional und objektiv

**Tabelle 1: Charakteristika von Gütern und Dienstleistungen**

Was Kundenzentrierung im Dienstleistungssektor von bestehenden kundenorientierten Ansätzen, bspw. aus dem Marketing unterscheidet, ist der höhere Freiheitsgrad bei der Individualisierung. Der Lösungsraum orientiert sich am Kundenbedarf und nicht am Produktportfolio eines Anbieters. Ob nun Mobilitäts-, Finanzierungs- oder Gesundheitsbedarfe im Vordergrund stehen - häufig handelt es sich bei den Kundenbedarfen um komplexe Leistungsbündel, welche zuvor zusammengestellt („komponiert“) werden müssen (vgl. Tambouris et al. 2004). Bei der kundenzentrierten Komposition bestehen gegenwärtig zwei Defizite (Winter et al. 2012):

- **Marktübersicht:** Kundenprozesse beinhalten Leistungen mehrerer Anbieter (Banken, Ärzte, Verkehrsunternehmen) aus unterschiedlichen Dienstleistungskategorien. Da Kundenbedürfnisse auch durch alternative Dienstleistungen befriedigt werden können, ist der Lösungsraum des Kunden umfangreich und heterogen. Kundenzentrierte Lösungen erfordern demnach einen Marktüberblick und nicht nur die Kenntnis eines Anbieterportfolios.
- **Gesamtprozess:** Das zweite Defizit betrifft die Steuerung und Administration zusammengestellter Leistungen. Einen ersten Schritt bildet die übergreifende Gesamtsicht aller Dienste, z.B. in einem Cockpit wie es Personal Finance Management (PFM) Werkzeuge schaffen. Einen weiteren Schritt bildet die integrierte Auswahl und Koordination von abgestimmten Leistungen. Diese Integrator-Funktion liegt heute oftmals noch beim Kunden – insbesondere im Kontext anbieterübergreifender Leistungen.

## 2.2 Charakteristika komplexer Dienstleistungen

Mit zunehmender Komplexität des Leistungsbündels steigen die Herausforderungen einer kundeninduzierten (Dienst-)Leistungskomposition. In der Informatik beschreibt Komplexität die erforderliche Menge an Information, um den Zustand eines Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt zu beschreiben. Zur Messung von Komplexität haben sich die in der Literatur vorgeschlagenen Entropiemaße in der Praxis kaum bewährt (Sutherland and van den Heuvel 2002). Stattdessen finden qualitative Faktoren Anwendung zur Messung des Komplexitätsniveaus (vgl. Alt and Sachse 2014). Basierend auf qualitativen Faktoren zeichnen sich komplexe Systeme (und somit komplexe Dienstleistungen) durch folgende Eigenschaften aus (vgl. Benbya and McKelvey 2006):

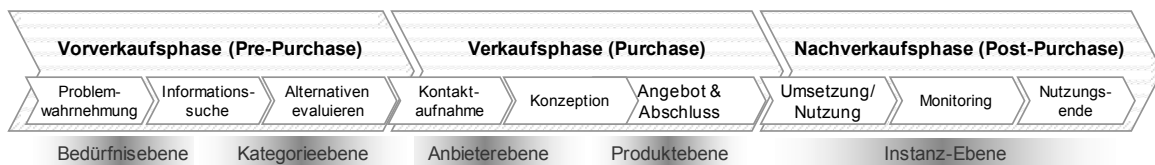
- **Vielzahl an Elementen:** Die Komplexität steigt mit der Anzahl von Systemelementen (z.B. Varianten bei der Leistungskonfiguration, Anzahl verfügbarer Leistungen und Anbieter).
- **Heterogenität der Elemente:** Die Komplexität steigt mit der Verschiedenartigkeit der einzelnen Systemelemente (z.B. bezüglich der Funktionalitäten, Schnittstellen).

- **Vielfältige Beziehungen zwischen den Elementen:** Die Komplexität steigt mit der Anzahl an Abhängigkeiten und Interdependenzen zwischen den Systemelementen.

Komplexe Dienstleistungen erfüllen eines oder mehrere dieser Kriterien. Entsprechend dieser Definition lassen sich Industrien und Branchen, welche die genannten Charakteristika aufweisen, als komplexe Domänen bezeichnen.

### 2.3 Vorverkaufsphase als Schlüssel zur kundenzentrierten Dienstleistungsbündelung

Die technische Analyse der Dienstleistungskomposition verstellt häufig den Blick auf mögliche Lösungsansätze in diesem Bereich. Kundenzentrierung erfordert es, die Prozesse und Denkmuster des Konsumenten zu verstehen. In der Vergangenheit war die Wirtschaftsinformatik von einer unternehmenszentrierten Sichtweise dominiert. Anwendungssysteme wurden an den Erfordernissen der Anbieter ausgerichtet, da auch die Nutzer i.d.R. innerhalb der Unternehmen vorzufinden waren. Bei der nun aufkommende Consumerization in der IT zeichnen sich erfolgreiche Applikationen durch einen starken Konsumentenfokus aus (Liang and Tanniru 2006). IT bildet nicht länger nur Unternehmensprozesse ab, sondern IT dient zunehmend zur Kundeninteraktion. Daraus folgt, dass bei der Komposition komplexer Dienstleistungsbündel das Verständnis des Kauf- und Entscheidungsprozesses des Kunden im Vordergrund steht.



**Abbildung 1: Kauf- und Entscheidungsprozess des Konsumenten**

Abbildung 1 zeigt den Kundenprozess, wie er im Marketing Anwendung findet (vgl. Blackwell et al. 2005). Bislang liegt der Fokus insbesondere auf der Verkaufsphase. Während dieser Phase nimmt der Kunde bspw. eine Beratung wahr oder nutzt Self-Service Angebote. Ansätze wie Tablet-Beratung, Produktkonfiguratoren oder Online-Shops verdeutlichen wie vielfältig die Selbstbedienungsmöglichkeiten in diesem Bereich bereits sind. Während zahlreiche wissenschaftliche Beiträge dazu existieren, steht die Verkaufsphase aus Sicht der kundenzentrierten Dienstleistungsbündelung jedoch im Hintergrund. Denn während der Verkaufsphase hat der Kunde sich bereits für eine spezifische Dienstleistung entschieden. In der Regel geht es lediglich noch darum ein Produkt abzuschließen, dieses zu konfigurieren oder einen Experten weiterführende Dienstleistungsbündelung vornehmen zu lassen. Der Kunde wird vom Akteur zum Empfänger. Der Prozess liegt in der Hand des Experten und dementsprechend sind die Anwendungssysteme auf deren Anforderungen ausgerichtet. Ähnlich verhält es sich bei der Nachverkaufsphase.

Weitgehend unberücksichtigt ist dagegen bislang die Vorverkaufsphase. Hier ist der Kunde weiterhin selbst Akteur und sucht Orientierung bezüglich seiner Bedürfnisse, die er häufig kaum formulieren kann. Er steht vor der Wahl zwischen verschiedenen Dienstleistungsarten und kennt nicht sämtliche für ihn verfügbaren Alternativen. Freunde, Bekannte und auch Medien dienen zwar als Informationsquelle, jedoch existiert weder ein strukturierter Prozess für den Kunden noch ist eine geeignete IT-Unterstützung vorhanden. Während dieser Phase hat der Kunde einen hohen Grad an Entscheidungsfreiheit. Er sucht passende Dienstleistungen um sein Problem zu lösen und kombiniert diese, oftmals unbewusst, eigenständig zu komplexen Dienstleistungsbündeln. Die Unterstützung dieses Prozesses bildet daher den Ausgangspunkt für eine kundenzentrierte

Dienstleistungsbündelung. Kundenzentrierte Prozesse in dieser frühen Entscheidungsphase ersetzen dabei nicht die bestehenden Unternehmensprozesse, sondern sind als vorgelagerte Prozessenerweiterungen zu diesen zu verstehen.

## 2.4 Konzept zur kundenzentrierten Bündelung komplexer Dienstleistungen

Die Vorverkaufsphase beginnt mit Bedürfnissen, die bei mangelnder Expertise des Lösungsraums stets in der Umgangssprache des Kunden formuliert sind. Dies ist vor allem im Konsumentenbereich der Fall, wo eine erstmalige oder seltene Durchführung des Bündelungsprozesse kennzeichnend ist. Erst wiederkehrende Prozessnutzung schafft hier Verständnis und verringert dadurch die wahrgenommene Komplexität. Die semantische Lücke zwischen der kundenzentrierten Bedürfnisdefinition und der anbieterzentrierten Produktbeschreibung stellt gegenwärtig ein Hindernis zur kundeninduzierten Dienstleistungskomposition dar. Die Sprache des Kunden unterscheidet sich oftmals von der fachlichen Beschreibung der Serviceanbieter. Basierend auf den Besonderheiten der Kundenwahrnehmung bzw. -kommunikation zeichnet sich eine kundenzentrierte „Servicesprache“ durch Unschärfe, Subjektivität, Kontext und dem zu Grunde liegenden Lösungsraum aus (vgl. Alt and Sachse 2014). Tabelle 2 fasst die Charakteristika der kundenorientierten (Charakteristika Kundensprache) und der produktorientierten Sichtweise (Charakteristika Anbietersprache) zusammen.

Charakteristika Kundensprache	Beispielformulierung Kunde	Charakteristika Anbietersprache	Beispielformulierung Anbieter
Bedürfnisbasiert (Probleme und Lösungswünsche stehen im Mittelpunkt) / Subjektive Anforderungen	„Langfristiger Sparplan zum Vermögensaufbau“	Produktzentriert (Objektive Produktattribute)	„Fondskategorie: aktiv/passiv“ „Ertragsverwendung: thesaurierend/ ausschüttend“
Nicht-funktionale Anforderungen	„schnell“, „günstig“, „transparent“, „einfach“, etc.	Funktionale Attribute	„0,- EUR Kontoführung“ „1,05% p.a. Zinsen“
Unschärfe Anforderungen (subjektiv)	„Günstige und sichere Geldanlage“	Exakte Attribute (absolut)	„Total Expense Rate (TER) in % p.a.“ „Morningstar Rating: 1-5 Sterne“
Offener Lösungsraum	„Wege zur Immobilienfinanzierung“	Eingegrenzter Lösungsraum	„Produkt A“ oder „Produkt B“

**Tabelle 2: Sprache des Kunden und Sprache des Anbieters (Alt and Sachse 2014)**

## 2.5 Hypothesen

Nach dem Konzept zur kundenzentrierten Dienstleistungskomposition aus Sachse et al. (2014) wurde im Sinne der anwendungsorientierten Wirtschaftsinformatik ein empirisches Experiment durchgeführt. Es stellt die kundenzentrierte Sichtweise bei der Dienstleistungskomposition der produktzentrierten Sichtweise gegenüber. Vor dem Hintergrund der beiden gegensätzlichen Paradigmen liegen dem Experiment die folgenden Hypothesen zu Grunde:

**1. Die wahrgenommene Komplexität (COMPL\*) bei der kundenzentrierten Dienstleistungskomposition ist geringer als bei der produktzentrierten Komposition.**

Informationssysteme zur Dienstleistungskomposition sind den Konfiguratorssystemen aus dem Feld der Mass Customization zuzuordnen. Dieses Gebiet identifiziert die Komplexität gegenüber dem Anwender als das Haupthindernis bezüglich der Kundenakzeptanz. Je einfacher Systeme für den Anwender gestaltet sind, desto höher ist die Akzeptanz. Jedoch ist entsprechend Teslers-Gesetz die

Gesamtkomplexität in einem System stets konstant, d.h. wird die Komplexität im Frontend verringert, steigt sie im Backend an (Saffer 2010). Daher ist die Kundenzentrierung in der Serviceindividualisierung als Maßnahme zur Komplexitätstransformation zu verstehen, die es erlaubt die Komplexität gegenüber dem Kunden zu verringern. Dafür erfordert es jedoch Anstrengungen im Backend: Je weniger Informationen der Anwender liefert, desto mehr Annahmen und Modelle bedarf es in der Programmlogik um dies zu kompensieren.

## ***2. Eine kundenzentrierte Dienstleistungskomposition weist eine höhere User Experience (UMC\*) auf als die produktzentrierte Komposition.***

Das Nutzungserlebnis hat sich zu einem differenzierenden Wettbewerbsfaktor im Onlinekanal vieler Dienstleistungsanbieter entwickelt (Sward 2007). Faktoren wie Schnelligkeit, Verständlichkeit und Bequemlichkeit haben an Bedeutung gewonnen. Während produktzentrierte Dienstleistungsverzeichnisse oftmals in Form von Katalogen dargestellt werden, besitzt die kundenzentrierte Dienstleistungskomposition die Möglichkeit dem Kunden passende Dienste entsprechend seiner Präferenzen vorzuschlagen. Durch eine verbesserte User Experience ergibt sich eine höhere Nutzungsbereitschaft bei dem Anwender (Parasuraman 2000).

## ***3. Der wahrgenommene Nutzen (USOL\*) bei der kundenzentrierten Dienstleistungskomposition ist höher als bei der produktzentrierten Komposition.***

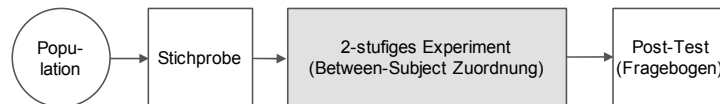
Produktzentrierte Komposition verfolgt das Ziel, dass der Kunde die Produkte findet nach denen er explizit sucht. Angesichts der zunehmenden Überforderung des Kunden bei der Selektion komplexer Dienstleistungen, erwartet der Kunde jedoch vielmehr passende Services zu entdecken, d.h. vorgeschlagen zu bekommen. Basierend auf einem Vorschlag der die individuellen Präferenzen berücksichtigt, kann das vermeintliche Paradoxon aufgelöst werden, dass der Kunde sich in einer Domäne in der er selber geringe Expertise hat eigenständig Lösungen zusammenstellt.

Die Hypothesen werden mittels Strukturgleichungsmodell formalisiert (siehe Anhang 1). Dazu dient das „Mass Customization Utility Model“ von Dellaert & Stremersch (2005) welches zur Quantifizierung des Kundennutzens (Customer Value) im Kontext von Self-Service-Konfiguratoren entwickelt wird. Es bestimmt den Kundennutzen basierend auf wahrgenommener Komplexität (Hypothese 1), wahrgenommener User Experience (Hypothese 2) und wahrgenommenen Lösungsnutzen (Hypothese 3).

## **2.6 Experiment-Design**

Die Überlegungen zur kundenzentrierten Dienstleistungskomposition sind in einen Demonstrator in der Beispieldomäne Finanzdienstleistungen eingeflossen. In der Finanzindustrie finden sich die Charakteristika komplexer Leistungskonfiguration in geeigneter Weise wieder: so bestehen Lösungen für Finanzanlagen und Finanzierungen häufig aus einem Portfolio von Einzelleistungen, zahlreiche Produkte erfordern eine bei Konsumenten nicht vorhandene Domänenkenntnis und zunehmend treten alternative Angebote (z.B. Crowdfunding, Social Lending) neben die klassischen Dienste (z.B. Bankberatung). Der Demonstrator bildet ein heuristisches Vorgehen in der (IT-basierten) Selbstberatung ab, mit dem Ziel Kunden auf selbstständige Entscheidungen vorzubereiten. Der interaktiv mit dem Kunden stattfindende Selbstprofilierungsprozess führt auf Basis einer umfassend in Form einer Ontologie modellierten Menge an Finanzierungsalternativen zu einem Kundenprofil, welches die Schnittstelle für die Ermittlung von Anbieter- und Produktalternativen liefert. Im Vordergrund steht die Erhebung/Strukturierung der Kundenanforderungen, um diese in den (produktorientierten) Entscheidungsprozess einfließen zu lassen.

Das hier beschriebene Experiment basiert auf einem Online-Feldexperiment. Diesem sind Fokusgruppeninterviews vorausgegangen, welche sowohl zur Verbesserung des Demonstrator dienten als auch qualitative Deutungen der Ergebnisse ermöglichen (vgl. Sachse et al. 2014). Das Experiment folgt dem Design aus Abbildung 2.



**Abbildung 2: Design des Experiments**

Die **Population** stellt die Zielgruppe der Digital Natives, d.h. die Jahrgänge ab 1980, dar. Dieser Zielgruppe bescheinigen Studien eine hohe Affinität zu Self-Service-Lösungen (z.B. Scholz 2015), wodurch eine vergleichsweise affine und homogene Testpopulation existiert. Das Experiment wird länderübergreifend in der Region D-A-CH durchgeführt.

Die **Stichprobe** wird auf Basis non-probabilistischer Stichprobenverfahren generiert. Diese Methoden berücksichtigen praktische Einschränkungen wie begrenzte Ressourcen und besitzen bei hohen Teilnehmerzahlen nur geringe Nachteile gegenüber Wahrscheinlichkeitsstichproben. Basierend auf den Vorkenntnissen der Fokusgruppen-Interviews, denen der gleiche Fragebogen zu Grunde lag, wird eine erforderliche Stichprobengröße von 64 Teilnehmern berechnet. Im tatsächlichen Experiment wird eine Teilnehmerzahl von  $n=196$  erreicht.

**Zuordnung** der Individuen zu den verschiedenen Prototypen-Szenarien erfolgt über das Between-Subject-Design. Jeder Teilnehmer wird zwei Konfigurationsszenarien nach dem Random-Block-Ansatz zugeordnet. Diese Szenarien resultieren aus dem Konfigurationsverfahren (Kunden- vs. Produktzentriert) sowie dem Umfang und der Komplexität der Konfiguration (niedrige Komplexität vs. hohe Komplexität). Aus der Kombination dieser beiden Faktoren resultieren vier mögliche Szenarien. Die Random-Block-Zuordnung soll das Risiko von Lerneffekten begrenzen. Ein Post-priori ANOVA-Tests zeigt, dass etwaige Lerneffekte für dieses Experiment tatsächlich irrelevant sind.

### 3 Ergebnisse

Zwischen Mai und August 2014 wurde das Experiment durchgeführt. Dabei kam es zu 343 Aufrufen. 149 Teilnehmer (43,4 Prozent) lieferten valide Ergebnisse. Ein Ergebnis wird als gültig betrachtet, wenn ein Teilnehmer mindestens das erste Szenario durchläuft und den anschließenden Bewertungsbogen ausfüllen. Ebenfalls werden Test-Sessions, und Klick-Throughs aus den Rohdaten gefiltert. 87 Prozent der validen Teilnehmer führten beide Szenarios durch. Somit stellt eine Gesamtzahl von 196 Datensätzen ( $=n$ ) die Grundlage für die nachfolgende statistische Analyse dar. Dies entspricht dem Dreifachen der zuvor kalkulierten minimalen Stichprobenmenge.

**MANOVA-Analyse:** Die MANOVA-Analyse wird separat für die Faktoren "Konfigurationsparadigma" und "Komplexität" durchgeführt. In Bezug auf den Faktor "Paradigma" gibt MANOVA eine Antwort auf die Frage: Unterscheidet sich kundenzentrierte-Konfiguration hinsichtlich der Faktoren wahrgenommene Komplexität, wahrgenommener Lösungsnutzen und wahrgenommene User Experience von der produktzentrierten Konfiguration? Eine Datenauswertung mit der Statistik-Software „R“ liefert hierzu folgende Ausgabe:

```

              Df    Pillai approx F num Df den Df  Pr(>F)
as.factor(paradigm) 1 0.054692   3.7414      3   194 0.01206 *
Residuals          196
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

### Resultate 1: MANOVA-Resultate bezüglich des Faktors "Konfigurationsparadigma"

Da der p-Wert von 0,01206 unter dem 0,05 Signifikanzniveau liegt, kann die Nullhypothese, d.h. die Annahme, dass der wahrgenommene Customer Value zwischen den beiden Konfigurationsparadigmen gleich ist, abgelehnt werden. Dies belegt einen signifikanten Unterschied in der Benutzerwahrnehmung zwischen kundenzentrierter und produktzentrierter Konfiguration. Die Unterschiede lassen sich mittels weiterführender ANOVA-Analyse weiter detaillieren.

```

Response ovrl_complexity :
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
as.factor(paradigm) 1   163.1  163.135    8.2274 0.004578 **
Residuals          196 3886.4   19.828
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Response usol5 :
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
as.factor(paradigm) 1   2727   2727.5    2.3905 0.1237
Residuals          196 223630   1141.0
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Response umc6 :
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
as.factor(paradigm) 1   5496   5495.8    4.8805 0.02832 *
Residuals          196 220708   1126.1
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

### Resultate 2: ANOVA-Resultate bezüglich des Faktors "Konfigurationsparadigma"

Diese Berechnung liefert eine Begründung für die signifikante Differenz bezüglich des Antwortvektors des SEM. Folgende Aussagen lassen sich daraus ableiten:

- Es besteht eine hohe Korrelation zwischen dem Konfigurationsparadigma und der wahrgenommenen Komplexität. Demnach nimmt der User die kundenzentrierte Konfiguration als „einfacher“ wahr als die produktzentrierte Konfiguration.
- Es fehlt eine statistisch signifikante Beziehung zwischen dem Konfigurationsparadigma und dem wahrgenommenen Nutzen der Lösung. Obwohl die kundenzentrierte Konfiguration wesentlich einfacher ist als die produktzentrierte, ist das Resultat in beiden Fällen vergleichbar gut. Allerdings kann der niedrige p-Wert von 0,1237 eine Tendenz zu einer Korrelation bedeuten, wodurch die kundenzentrierte Konfiguration einen weiteren Vorteil im Bereich der Ergebnisgüte erhalten würde.
- Es existiert eine statistische Signifikanz bezüglich dem Paradigma und der wahrgenommenen User Experience. Neben der höheren Einfachheit der kundenzentrierten Konfiguration, ist diese für den Anwender auch in anderen Aspekten wie Motivation und Zeitdauer eine Verbesserung gegenüber dem produktzentrierten Ansatz vorhanden.

Die zweite MANOVA-Analyse behandelt den Faktor "Komplexität" mit der Annahme, dass die Komplexität des Konfigurationsansatzes ein Schlüsselfaktor für die Benutzerakzeptanz ist. Eine geringere Komplexität sollte Barrieren für die Nutzung des Konfigurations-Tools reduzieren, wohingegen eine höhere Komplexität bessere Konfigurationsergebnisse liefern sollte. Die Null-Hypothese geht davon aus, dass verschiedene Komplexitätsstufen keinen Einfluss auf den

wahrgenommenen Customer-Value besitzen (Variable „Configuration Utility“ im Strukturgleichungsmodell).

```

              Df    Pillai approx F num Df den Df Pr(>F)
as.factor(complexity) 1 0.011689 0.76483      3    194 0.515
Residuals              196
---
Signif. Codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

### Resultate 3: MANOVA-Resultate bezüglich des Faktors „Komplexität“

Der p-Wert von 0,515 ist auf den ersten Blick ungewöhnlich, da die Gegenhypothese abgelehnt wird. Das bedeutet, es gibt keine signifikante Wechselwirkung zwischen Komplexitätsgrad der Konfiguration und dem wahrgenommenen Kundennutzen. Die Aussage „einfacher ist besser“ trifft hier also nicht zu. Mittels ANOVA-Analyse lassen sich jedoch auch hier genauere Erkenntnisse finden:

```

Response ovrl_complexity :
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(complexity) 1 40.4 40.387 1.9744 0.1616
Residuals              196 4009.1 20.455

Response usol5 :
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(complexity) 1 10 9.65 0.0084 0.9272
Residuals              196 226348 1154.83

Response umc6 :
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(complexity) 1 29 28.82 0.025 0.8746
Residuals              196 226175 1153.95

```

### Resultate 4: ANOVA-Resultate bezüglich des Faktors „Komplexität“

Überraschenderweise fehlt eine signifikante Beziehung zwischen der objektiven Komplexität der Konfiguration und der subjektiv wahrgenommenen Komplexität durch den Anwender. Obwohl der niedrige p-Wert eine Tendenz zur Korrelation anzeigt, erfüllt er nicht die Kriterien an eine statistische Signifikanz.

Der Zusammenhang zwischen Komplexität und Lösungsnutzen ist ebenfalls nicht signifikant. Mehr Fragen im Profiling liefern demnach nicht unbedingt bessere Ergebnisse. Weiterhin gibt es auch keine signifikante Beziehung zwischen Komplexität und der User Experience. Ein Konfigurationsprozess mit geringerer Komplexität führt nicht zwingend zu einem besseren Anwendererlebnis.

## 4 Ausblick

Das Experiment deutet auf das Potenzial kundenzentrierter Denkweisen im Dienstleistungsbereich, insb. hinsichtlich der Dienstleistungskomposition, hin. Überraschend ist die Erkenntnis, dass es nicht zwingend sinnvoll ist „mehr“ zu fragen, stattdessen sollte „besser“ gefragt werden (siehe Resultate 4). Dies steht im Widerspruch zur vorherrschenden Meinung in der Literatur, wonach mehr Informationen stets das Konfigurationsergebnis verbessern (z.B. Salvador et al. 2009). Damit bestätigen die Daten nicht nur die anfangs formulierte Annahme, dass es Konsumenten in der Vorverkaufsphase tendenziell leichter fällt sich selbst zu beschreiben, anstatt Produkte auszuwählen, sondern steigern auch die Qualität des Leistungsbündels.

Diese Resultate unterliegen jedoch den üblichen Einschränkungen eines Experiments und können verzerrt sein. Neben zu geringer Generalisierbarkeit aufgrund der Stichprobengröße und -zusammensetzung können eventuelle Einschränkungen in der Aussagekraft insbesondere auf schwer zu erkennende Wechselwirkungen zwischen der Anwendungsdomäne (Finanzen) und den verschiedenen Konfigurationsszenarien zurückgeführt werden. In anderen Dienstleistungsbereichen in denen sich die Kundenaffinität und –expertise unterscheidet, können die Resultate abweichen.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte für zukünftige Forschung. So besteht aktuell ein semantischer Bruch zwischen der kundenzentrierten Bedürfnisperspektive und der anwenderbezogenen Produktperspektive. Die semantische Integration ist dabei aus technischer wie auch aus prozessualer Sicht relevant. Weiterhin sollte die Vorverkaufsphase stärker in den Fokus rücken. Gegenwärtig ist diese „Meta-Ebene“ im Kauf- und Entscheidungsprozess des Kunden für IT und Unternehmen kaum greifbar. Die Potenziale, sich als Gatekeeper im Entscheidungsprozess des Kunden zu positionieren sowie die hohe Entscheidungsfreiheit bzgl. der späteren Lösungsfindung eröffnen einen vielversprechenden Bereich für zukünftige Geschäftsmodelle.

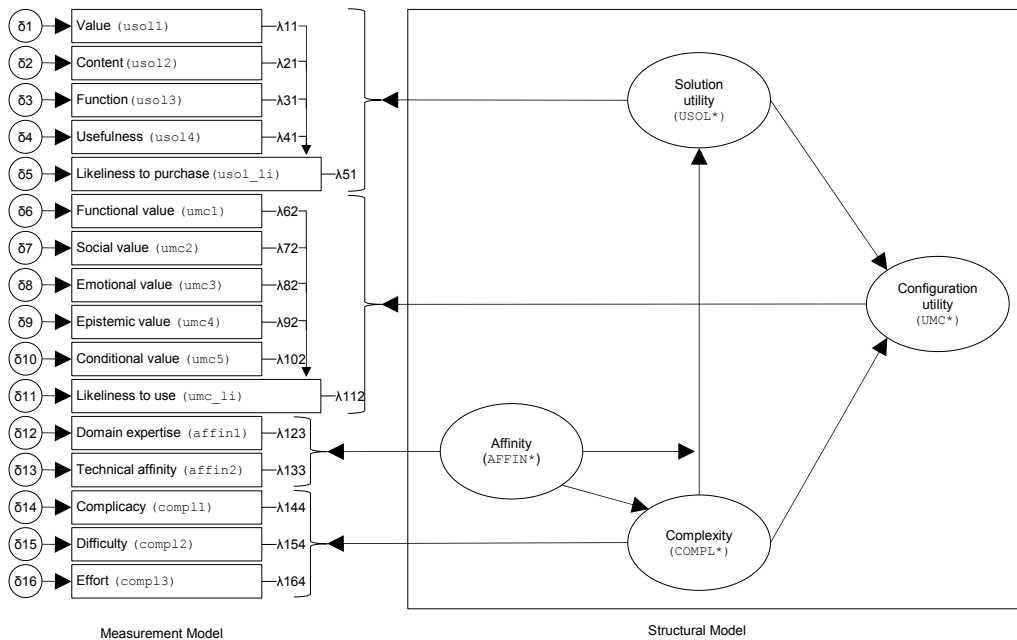
## 5 Referenzen

- Alt R, Sachse S (2014) Kundenorientierung und die Sprache des Kunden – Konzept, Herausforderungen und erste Ergebnisse. In: Boes A (Hrsg.) Dienstleistungstagung des BMBF. Campus Verlag, Frankfurt a.M.
- Benbya H, McKelvey B (2006) Toward a Complexity Theory of Information Systems Development. *Inf Technol People* 19:12–34.
- Blackwell RD, Miniard PW, Engel JF (2005) *Consumer Behaviour*, 10th edn. South-Western College Pub
- Dellaert BGC, Stremersch S (2005) Marketing mass-customized products: striking a balance between utility and complexity. *J Mark Res* XLII:219–227.
- Financial Times (2013) Financial Times Global 500 2013. <http://im.ft-static.com/content/images/3816a3bc-3195-11e3-a16d-00144feab7de.pdf>.
- Füermann T (2014) *Prozessmanagement Kompaktes Wissen, Konkrete Umsetzung, Praktische Arbeitshilfen*. Hanser Verlag, München
- Gulati R (2010) *Reorganize for Resilience: Putting Customers at the Center of Your Business*. Harvard Business Press, Boston, Massachusetts, USA
- Harmsel M ter (2012) *Mass customization as a solution for the Service Industry*. University of Twente
- Liang T-P, Tanniru MR (2006) Special section: customer-centric information systems. *J Manag Inf Syst* 23:9–15.
- Parasuraman a. (2000) Technology Readiness Index (Tri): A Multiple-Item Scale to Measure Readiness to Embrace New Technologies. *J Serv Res* 2:307–320.
- Pavlou PA (2003) Consumer acceptance of electronic commerce: integrating trust and risk with the technology acceptance model. *Int J Electron Commer* 7:69–103.



- Sachse S, Alt R, Puschmann T (2014) Kundeninduzierte Orchestrierung komplexer Dienstleistungen. In: MKWI Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2014. Paderborn.
- Saffer D (2010) Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices, 2nd edn. New Riders, Berkeley, CA
- Salvador F, Holan PM De, Piller F (2009) Cracking the Code of Mass Customization Cracking the Code of Mass Customization. MIT Sloan Manag Rev 50:71–78.
- Scholz C (2015) Generation Z: Digital Native oder digital naiv? HR Perform 68–71.
- Sheth JN, Newman BI, Gross BL (1991) Why We Buy What We Buy: A Theory of Consumption Values. J Bus Res 22:159–170.
- Sutherland J, van den Heuvel W-J (2002) Enterprise Application Integration and Complex Adaptive Systems. Commun ACM 45:59–64.
- Sward D (2007) User Experience Design a Strategy for Competitive Advantage. In: AMCIS 2007 Proceedings.
- Tambouris E, Gorilas S, Kavadias G, et al (2004) Ontology-Enabled E-gov Service Configuration: An Overview of the OntoGov Project. In: Knowledge Management in Electronic Government. Springer Berlin Heidelberg.
- Walcher D, Piller FT (2012) The Customization 500 - An International Benchmark Study on Mass Customization and Personalization in Consumer E-Commerce. [http://mass-customization.blogs.com/mass\\_customization\\_open\\_i/mc500study.html](http://mass-customization.blogs.com/mass_customization_open_i/mc500study.html)
- Weiß F, Leimeister JM (2012) Consumerization. Bus Inf Syst Eng 4:363–366.
- Winter A, Alt R, Ehmke J, et al (2012) Manifest – Kundeninduzierte Orchestrierung komplexer Dienstleistungen. Informatik-Spektrum 35:399–408.
- Winter R (2002) Mass customization and beyond–evolution of customer centricity in financial services. In: Moving into Mass Customization. Springer Berlin Heidelberg, Berlin.

## 6 Anhang



### Anhang 1: Strukturgleichungsmodell für das Experiment basierend auf Dellaert & Stremersch (2005)

Construct	Measurement Item	Indicators	Measurement Scale	Reference
Affinity	Domain expertise	How do you self-assess your financial knowledge?	7-point likert scale (disagree/agree)	(Dellaert and Stremersch 2005)
	Technological affinity	How do you self-assess your technological affinity?	7-point likert scale (disagree/agree)	
Complexity	Problem relevance/need	How relevant is the problem you have chosen for you currently?	7-point likert scale (disagree/agree)	(Dellaert and Stremersch 2005)
	Complicacy	The questions or choices were complicated and confusing.	7-point likert scale (disagree/agree)	
	Difficulty	The questions or the choices were hard to answer or to select.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Dellaert and Stremersch 2005)
	Effort	The configuration was time-consuming and of high-effort.	7-point likert scale (disagree/agree)	
Solution utility	Value	The solution fits my requirements and the stated problem.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Pavlou 2003)
	Content	The presentation of the solution and the provided information is useful.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Pavlou 2003)
	Function	The solution is sound and functional.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Pavlou 2003)
	Usefulness	Overall, I find the solution useful.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Pavlou 2003)
	Likelihood to purchase	How likely would you use the proposed solution if available?	Percentage	(Dellaert and Stremersch 2005)
Mass Customization utility (= User Experience)	Functional value	The configuration process was without errors and flaws.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Sheth et al. 1991)
	Social value	The configuration process will let me do this task without other intermediaries in future.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Sheth et al. 1991)
	Emotional value	The configuration process was a pleasant experience to me.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Sheth et al. 1991)
	Epistemic value	The configuration process was comprehensive and provided all necessary information.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Sheth et al. 1991)
	Conditional value	The configuration process fits my everyday interaction preferences.	7-point likert scale (disagree/agree)	(Sheth et al. 1991)
	Likelihood to use	How likely would you use the proposed configurator if available?	Percentage	(Dellaert and Stremersch 2005)

### Anhang 2: Elemente des Strukturgleichungsmodells

# **Zahlungsbereitschaft für Datenschutzfunktionen intelligenter Assistenten**

**Jan Zibuschka<sup>1</sup>, Michael Nofer<sup>2</sup> und Oliver Hinz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Robert Bosch GmbH, Renningen, [jan.zibuschka@de.bosch.com](mailto:jan.zibuschka@de.bosch.com)

<sup>2</sup> TU Darmstadt, Fachgebiet Wirtschaftsinformatik | Electronic Markets,  
[hinz|nofer@emarkets.tu-darmstadt.de](mailto:hinz|nofer@emarkets.tu-darmstadt.de)

## **Abstract**

Das Internet der Dinge ermöglicht die Vernetzung von Gegenständen, die den Nutzer im Alltag unterstützen. Assistenzsysteme bieten dem Nutzer dabei eine wichtige Grundlage, um verschiedene Smart Services zu kombinieren. Einige Assistenzsysteme haben bereits Marktreife erlangt und können beispielsweise auf Smartphones oder im Auto zur Unterstützung bei alltäglichen Aufgaben verwendet werden. Ein entscheidendes Merkmal für die Akzeptanz derartiger Dienste sind Datenschutzfunktionen, welche dem Nutzer den Schutz seiner Privatsphäre ermöglichen. Ziel dieses Beitrags ist die Untersuchung der Datenschutzeinstellungen der Nutzer von persönlichen Assistenzsystemen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Nutzer mehrheitlich ein intelligentes System wünschen, welches die Transparenz und die Kontrolle der kommunizierenden Geräte und Dienste regelt. Darüber hinaus sollte das System auf einem Server des Herstellers betrieben werden. Die Nutzer wünschen einen Service, bei dem alle Verantwortlichkeiten klar definiert sind und alle Leistungen aus einer Hand betrieben werden. Datenschutzbedenken sind weniger gegenüber dem Anbieter, als gegenüber Dritten oder Personen aus dem Bekanntenkreis vorhanden.

## **1 Einleitung**

Digitale Technologie durchdringt alle Bereiche unseres täglichen Lebens. Sogenannte "Dinge", alltägliche Geräte um uns herum, werden mit Kommunikationseinrichtungen, Sensoren und Aktuatoren ausgestattet, und kollaborieren, um gemeinsame Ziele zu erreichen und Funktionen zu ermöglichen, die ohne die Vernetzung nicht möglich wären. Dieses neue Paradigma wird als „Internet der Dinge“ bezeichnet (Atzori et al. 2010). Das allgegenwärtige, digitale Umfeld führt zu einer Flut an Informationen, die den Nutzer teilweise überfordern. Viele Geschäftsmodelle im Internet der Dinge legen ihren Schwerpunkt auf die Bewältigung dieser Informationsflut und die Bereitstellung der richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt (Bucherer und Uckelmann 2011). Assistenzsysteme sind eine wichtige Lösungskategorie für dieses Problem. Assistenzsysteme als Informationssysteme speichern, verarbeiten und übertragen Informationen. Das Assistenzsystem sollte nicht nur auf die Informationstechnologie reduziert werden, sondern ein wesentlicher Faktor besteht in der Interaktion mit dem Benutzer.

Assistenzsysteme können Kontextinformationen und persönliche Informationen verarbeiten (Göker und Myrhaug 2002), um sicherzustellen, dass die entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden. Assistenzsysteme sind daher oft kontextbezogen und personalisiert. Dies wurde in vielen „Internet der Dinge“-Anwendungen umgesetzt und ist offensichtlich sinnvoll, da das System in der Regel nicht für alle Nutzer immer die gleiche Aktion durchführen soll (Göker et al. 2004). Über solche Assistenzsysteme können bzw. müssen gegebenenfalls persönliche Informationen an die entsprechenden Diensteanbieter gelangen. Dies kann bei den Nutzern Bedenken hinsichtlich der Privatsphäre verstärken (Roman et al. 2011). Die vorliegende Studie untersucht diese Datenschutzbedenken und quantifiziert die Datenschutzeinstellungen der Benutzer als Zahlungsbereitschaft für verschiedene Ausprägungen des Assistenzsystems nach dem Ansatz von Chapman et al. (2008).

Der Beitrag ist dabei wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 2 werden zunächst Assistenzsysteme detailliert vorgestellt. Danach wird der Forschungsansatz für die Nutzerstudie präsentiert (Abschnitt 3). Dieser beinhaltet die Ermittlung relevanter Fälle mit Hilfe eines Panels von Sicherheitsexperten, darüber hinaus wurden Vorstudien mit Anwenderbefragungen durchgeführt. Außerdem wird die Methodik hinter der quantitativen Hauptstudie vorgestellt. Anschließend folgen die Ergebnisse der Hauptstudie, inklusive der demografischen Daten, einer Marktsegmentierung sowie der ermittelten Zahlungsbereitschaft für Datenschutzfunktionen. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse.

## **2 Assistenzsysteme**

Ein charakteristisches Merkmal von Assistenzsystemen auf dem heutigen Markt ist ihre Fähigkeit, mit dem Benutzer in natürlicher Sprache zu interagieren. Apples Siri (Bager 2015) gilt als einer der bekanntesten Sprachassistenten. Der Benutzer kann Nachrichten diktieren und einfache Befehle an Siri weitergeben (z.B. Einstellung eines Alarms). Die Google Now / Google App in Android besitzt neben der Durchführung von Recherchen auf Basis von Voice-Abfragen viele Funktionen, die analog zu den Funktionalitäten von Siri sind. Der Assistent Cortana wurde von Microsoft auf dem Windows Phone und in Windows 10 eingeführt (Bager 2015). Eine weitere wichtige Eigenschaft von Assistenzsystemen ist ihre Fähigkeit, dem Benutzer im Bedarfsfall kontextbezogene Informationen zur Verfügung zu stellen. Diese kontextbezogenen Systeme sind oft proaktiv und starten Interaktionen mit dem Benutzer. Beispiele hierfür sind das oben genannte Google Now (Bager 2015) und ein proaktiver In-Car-Assistent von BMW (Bader 2013). Schließlich existieren aufgabenbezogene Assistenzsysteme, die den Anwender bei einer bestimmten, vordefinierten Aufgabe unterstützen. Augmented Reality oder auch Schritt-für-Schritt-Anweisungen können z.B. verwendet werden, um Wartungsaufgaben zu unterstützen (Oda et al. 2013, Agrawala et al. 2003). Selbst in diesen Fällen können Kontextinformationen relevant werden, zum Beispiel wenn Augmented-Reality-Funktionen die Bestimmung der Position des Benutzers erfordern (Oda et al. 2013). Die Unterstützung bei Aufgaben kann personalisiert werden, beispielsweise anhand des Kompetenzgrades des Benutzers (Findlater und McGrenere 2010).

## **3 Datenschutzaspekte bei Assistenzsystemen**

In der Literatur wurden Datenschutzaspekte im Zusammenhang mit dem Vertrauen in Assistenzsysteme behandelt. Nach Moorthy und Vu (2014) hängt die Bereitschaft, die Sprachfunktion zur Übermittlung von persönlichen Informationen zu nutzen, vom Aufenthaltsort

ab (z.B. Restaurant, zu Hause etc.). Glass et al. (2008) identifizieren Faktoren, die das Vertrauen der Nutzer in persönliche Assistenzsysteme beeinflussen. Danach sollten die Systeme transparent gestaltet sein, so dass für den Nutzer ersichtlich ist, welche Schritte aus welchen Gründen durchgeführt werden. Außerdem sollten die Nutzer erfahren, mit Hilfe welcher Quellen das System die nötigen Informationen findet. Das Vertrauen kann auch erhöht werden, wenn die Erwartungen der Nutzer hinsichtlich der Performanz des Systems berücksichtigt werden. Schließlich sollten persönliche Assistenten nicht zu autonom gestaltet werden, so dass die Nutzer zu jeder Zeit die Möglichkeit haben, Veränderungen bzw. Korrekturen bei den Funktionen vorzunehmen. Der vorliegende Beitrag zielt darauf ab, diese vorliegenden Ergebnisse insbesondere in den Bereichen Transparenz und Zugriffskontrolle am Beispiel eines Assistenzsystems zu überprüfen.

## 4 Methode

Das Potenzial von Assistenzsystemen wurde den Umfrageteilnehmern sowohl in den frühen qualitativen Befragungsrunden, als auch in der größer angelegten, quantitativen Hauptstudie mit Hilfe eines dafür produzierten Kurzfilms vorgestellt. Der Film zeigte ein Assistenzsystem, das eine breite Palette von Anwendungsfällen unterstützt (siehe Abbildung 1), darunter die intelligente Steuerung der Hausheizung, ein Navigationssystem im Auto mit personalisierten, kontextsensitiven Assistenzfunktionen sowie die vorausschauende Instandhaltung verschiedener Geräte, beispielsweise des Autos oder der Heizung. Die vorgestellte Vision umfasste Sprachunterstützung, proaktive, kontextbezogene und aufgabenbezogene Unterstützung. Um die wichtigsten Sicherheitsfunktionen eines derartigen Assistenzsystems zu identifizieren, wurde eine Gruppe von acht Sicherheitsexperten (mit Dokortitel, mehrjähriger Industrie-Erfahrung oder beiden Merkmalen) in mehreren Runden befragt, bis ein Konsens erreicht wurde. Die Experten identifizierten im Hinblick auf den Datenschutz bei Assistenzsystemen drei Objektattribute, die als besonders relevant anzusehen sind und die sich jeweils in drei Stufen bzw. Ausprägungen unterteilen lassen. Diese sind im Folgenden dargestellt:

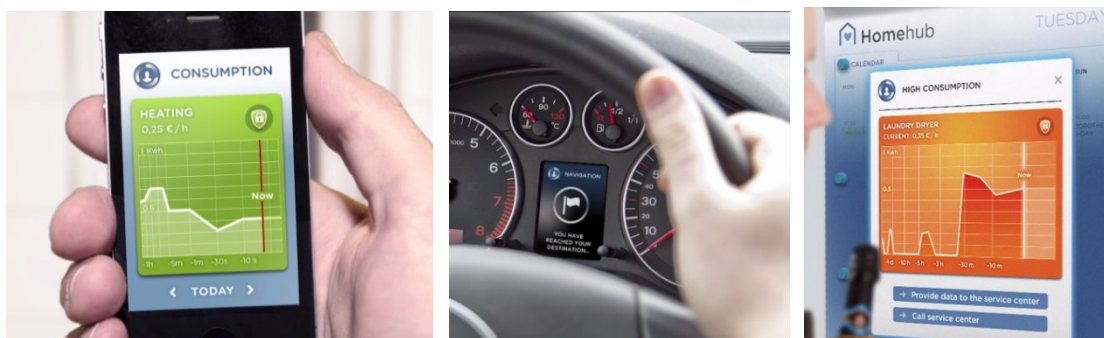


Abbildung 1: Anwendungsfälle des persönlichen Assistenten

### Zugriffskontrolle

*Feingranular:* Für jedes Gerät und jeden Dienst kann individuell festgelegt werden, auf welche (anderen) Geräte und Dienste es zugreifen kann, oder durch welche anderen Geräte und Services es aufgerufen werden kann.

*Gruppenweise:* Dienste und Geräte werden gruppiert, anschließend wird entweder bestimmt, welche Geräte innerhalb einer Gruppe Zugriff auf welche andere Gruppen von Geräten erhält, oder Geräte und Dienste innerhalb einer Gruppe sind in der Lage, innerhalb der Gruppe zu kommunizieren.

*Intelligent:* Das System automatisiert die Konfiguration der Zugriffskontrolle und nutzt dafür entweder die Intelligenz des Assistenten oder eine andere (unabhängige) Automatisierungsstrategie, die über das reine Gruppenkonzept hinausgeht.

### **Transparenz**

*Einmalig:* Der Benutzer wird einmalig über die allgemeine Verarbeitung personenbezogener Daten im System informiert, wenn er es zum ersten Mal aktiviert. Der Benutzer ist in der Lage, die Informationen später erneut abzurufen.

*Regulär:* Der Benutzer erhält regelmäßige Updates über die Verarbeitung personenbezogener Daten im System, z.B. per E-Mail.

*Intelligent:* Das System entscheidet, z.B. durch die Nutzung der Intelligenz des Assistenten, ob der Benutzer gerade Informationen über die Verarbeitung erhalten möchte.

### **Verarbeitungsort**

*System des Herstellers:* Die persönlichen Informationen werden ausschließlich auf einem System des Assistentenherstellers verarbeitet.

*System des Dienstleisters:* Die persönlichen Informationen werden auf dem System eines Dienstleisters verarbeitet, welcher durch den Hersteller oder den Benutzer ausgewählt wird.

*Beim Nutzer zu Hause:* Die persönlichen Informationen werden ausschließlich auf einem System in der Wohnung des Benutzers verarbeitet.

### **Preis**

Es wurden zudem für die Systemausprägungen Preisniveaus von 5 Euro, 10 Euro, 30 Euro und 59 Euro getestet.

Die Verständlichkeit dieser Darstellung der Systemausprägungen wurde in neun Interviews mit Benutzern mit unterschiedlichen demografischen und professionellen Hintergründen validiert. Darüber hinaus wurden während dieser Interviews auch qualitative Rückmeldungen gesammelt, wie z.B. Aussagen der Benutzer über ihre Vision eines datenschutzfreundlichen Assistenzsystems sowie Risiken in Bezug auf den Datenschutz. Auf diese Informationen wird in Kapitel 6 im Zuge der Implikationen für Unternehmen eingegangen.

Wie von Chapman et al. (2008) vorgeschlagen, wird innerhalb dieser Studie eine choice-based Conjoint-Analyse (CBC) angewandt, welche Produkte im Hinblick auf die im Expertenpanel identifizierten Attribute und Ausprägungen beschreibt und zur Auswahl einem Set an Probanden vorlegt. CBC wurde u.a. erfolgreich zur Bewertung von Privatsphären-Funktionen von Social-Network-Webseiten (Krasnova et al. 2009) sowie zur Evaluation von Federated Identity-Management-Systemen (Roßnagel et al. 2014) angewendet. Bei der CBC wählen die befragten Nutzer eine Variante unter mehreren hypothetischen Produkten aus, welche durch Attribute, deren Ausprägungen und einem Preis beschrieben sind. Sie können aber auch angeben, dass sie keine der vorgestellten Alternativen benutzen würden. Die Auswahl aus in unserem Fall drei Produkt-Alternativen sowie einer Nicht-Wahl-Option wird im Folgenden als „Choice-Set“ bezeichnet. Jeder

Benutzer erhält sequentiell mehrere solcher Choice-Sets. Einige Beispiele sind in Abbildung 2 dargestellt.

Welchen persönlichen Assistenten würden Sie kaufen?:				
Zugriffskontrolle	Intelligent	Intelligent	Gruppenweise	Ich würde
Datenverarbeitung	System des Herstellers	Beim Nutzer zu Hause	System des Herstellers	keinen der
Transparenz	Einmalige Anzeige	Regelmäßige Erinnerung	Einmalige Anzeige	drei kaufen
Preis	10 Euro	30 Euro	30 Euro	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Welchen persönlichen Assistenten würden Sie kaufen?:				
Zugriffskontrolle	Intelligent	Feingranular	Feingranular	Ich würde
Datenverarbeitung	Beim Nutzer zu Hause	System des Herstellers	System des Herstellers	keinen der
Transparenz	Einmalige Anzeige	Regelmäßige Erinnerung	Intelligent	drei kaufen
Preis	10 Euro	5 Euro	5 Euro	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 2: Beispiele der präsentierten Choice-Sets

## 5 Ergebnisse

Insgesamt nahmen 293 Personen aus Deutschland an der Befragung teil. Die demografische Verteilung des Samples entspricht im Wesentlichen der deutschen Gesamtbevölkerung. Neben dem Alter wurden weitere demografische Kriterien wie Wohnort und Bildungsstand bei der Auswahl des Samples mit einbezogen.

Von den 293 Befragten entschieden sich 113 (38,6%) Personen in keinem der Choice-Sets dafür, einen angebotenen Assistenten zu erwerben. Stattdessen wählten diese Probanden grundsätzlich die Nicht-Wahl-Option. 42 (14,3%) Teilnehmer wählten in jedem Choice-Set einen Assistenten zum Kauf. Das bedeutet, dass diese Probanden nie von der Nicht-Wahl-Option Gebrauch machten, egal welche Ausprägungen der Attribute präsentiert wurden. 138 (47,1%) Teilnehmer wurden in ihrer Kaufentscheidung von den verschiedenen Datenschutz-Attributen und Ausprägungen beeinflusst. Demzufolge würden selbst bei einer geeigneten Datenschutz-Architektur maximal 61,4% der Nutzer den Assistenten zu den getesteten Preisniveaus kaufen. Beim Vergleich der demografischen Merkmale zwischen Käufern und Nicht-Käufern fällt auf, dass Nicht-Käufer tendenziell älter sind als die Käufer des persönlichen Assistenten. 69% der Nicht-Käufer sind zwischen 41 und 69 Jahre alt.

Dies scheint plausibel, da frühere Studien bereits gezeigt haben, dass ältere Konsumenten im Vergleich zur jüngeren Zielgruppe seltener das Internet nutzen (Zickuhr und Madden 2012) und eine geringere Technologie-Affinität aufweisen (Ryan et al. 1992). Beim Vergleich einer jüngeren (Durchschnittsalter 31,9 Jahre) mit einer älteren Altersgruppe (Durchschnittsalter 71,2 Jahre) konnten Albert und Duffy (2012) darüber hinaus eine höhere Risikoaversität bei älteren Menschen feststellen. Vor dem Hintergrund dieser Unterschiede hinsichtlich der Technologie- und Risiko-Präferenzen erscheint es wenig verwunderlich, dass die Käufer des persönlichen Assistenten signifikant jünger sind als die Nicht-Käufer.

Innerhalb der Studie wurden ebenfalls psychografische Merkmale abgefragt, um das Nutzerverhalten näher zu untersuchen und eine Marktsegmentierung vorzunehmen. Dazu wurden etablierte Skalen aus der Psychologie, dem Marketing und der Wirtschaftsinformatik herangezogen.

Hierzu zählen die Innovationsbereitschaft (Steenkamp und Gielens 2003), Technologieaffinität (Meuter et al. 2005), Risikofreude (Jackson 1976) und die Einstellung zu persönlichen Assistenten (Ziamou und Ratneshwar 2003). Für die Ermittlung der Datenschutz-Bedenken wurde eine von Westin (1967) in Zusammenarbeit mit Harris Interactive entwickelte Skala verwendet (Taylor 2003). Die Teilnehmer der Befragung gaben bei den psychografischen Merkmalen jeweils auf einer 7-Punkte Likert-Skala an, inwieweit die präsentierten Aussagen auf sie zutreffen. Die Originalskalen wurden für die Umfrage ins Deutsche übersetzt. Die Skalen lieferten während der Befragung exzellente Reliabilitätswerte. Die Werte für Cronbach's Alpha (Cronbach 1951) entsprechen in jedem Fall mindestens den Ergebnissen aus der Originalstudie.

Bei den Benutzern, die das Produkt immer kaufen würden, sind die Einstellung gegenüber dem Assistenten sowie das Alter ebenfalls wichtige Treiber (Tabelle 1). Die größte Bedeutung haben jedoch Datenschutzbedenken, welche einen signifikant positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit haben, dass ein Konsument den persönlichen Assistenten erwirbt. Dieses Ergebnis erscheint zunächst bemerkenswert. Es hat sich in der Vergangenheit aber zum Beispiel gezeigt, dass Datenschutzbedenken nicht mit der Bereitschaft korrelieren, Informationen in sozialen Netzwerken im Internet zu teilen (Johnson et al. 2012; Tufekci 2008). Dies erklärt jedoch nicht, warum Datenschutzbedenken positiv mit dem Kauf eines Assistenten korrelieren, der eindeutig eine erhebliche Menge an privaten Informationen verarbeitet. Eine ausführliche Diskussion dieser Beobachtung erfolgt in Kapitel 5.

Logistische Regression Abhängige Variable: Immer-Käufer (0/1)	Koeffizient	Standardfehler	Signifikanzniveau
Einstellung gegenüber Assistent***	0,418	0,188	0,026
Alter***	-0,037	0,016	0,024
Datenschutzbedenken***	0,698	0,210	0,001
Technologie-Affinität	-0,086	0,163	0,599
Innovationsbereitschaft	0,204	0,299	0,495
Risikofreude	0,266	0,188	0,158
Geschlecht	-0,085	0,419	0,840
Einkommen	0,013	0,093	0,885
Bildung	-0,110	0,144	0,448
*** Auf einem 1-Prozent-Niveau signifikant; ** Auf einem 5-Prozent-Niveau signifikant			

**Tabelle 1: Eigenschaften der Benutzer, die den Assistenten immer kaufen**

Um den Markt besser zu verstehen bzw. um Produkte zu entwickeln, die die Wünsche und Bedürfnisse der Marktteilnehmer adressieren und die der Heterogenität der Präferenzen verschiedener Gruppen gerecht werden, wurde eine Marktsegmentierung durchgeführt. Mit Hilfe des Elbow-Kriteriums wurden insgesamt 4 Segmente identifiziert (Tabelle 2). Personen in Segment 1 sind im Durchschnitt 26 Jahre alt, verfügen über ein geringes Einkommen und messen dem Datenschutz eine hohe Bedeutung bei. Sie sind im Gegensatz zu Segment 4 (Durchschnittsalter 66 Jahre, mittleres Einkommen) technologieaffin und risikobereit. Generell scheinen die identifizierten Marktsegmente die Bevölkerungsgruppen entlang des Alters zu trennen, was uns zu entsprechenden Benennungen der Segmente veranlasst.



CBC-Analyse Internal hit rate: 87,55% Log-marginal density: -1884,11		Segment 1 (n = 42) „Digital natives“	Segment 2 (n = 29) „Millennials“	Segment 3 (n = 51) „Baby boomer“	Segment 4 (n = 16) „Senioren“	Durchschnitt (n = 138)	Immer-Käufer (n = 42)
Psychografische Informationen (7-Punkte-Likert)	Datenschutz	3,54	3,33	3,46	3,06	3,35	4,06
	Technologie	3,26	2,59	2,65	2,34	2,71	2,92
	Innovation	4,27	4,37	4,3	4,33	4,32	4,58
	Risikofreude	4,28	3,8	3,87	3,7	3,91	4,59
	Einstellung zu Assistent	4,89	5,16	5,13	5,2	5,1	5,37
Demografische Informationen	Alter (Jahre)	26	40	51	66	46	37
	Einkommen (pro Monat)	1.500- 2.000€	2.500- 3.000€	2.500- 3.000€	2.000- 2.500€	2.000- 2.500€	2.000- 2.500€
	Geschlecht	Gleich verteilt	Mehr Männer als Frauen	Gleich verteilt	Mehr Männer als Frauen	Gleich verteilt	Mehr Männer als Frauen

Tabelle 2: Nutzersegmente

Für die Analyse der Zahlungsbereitschaft wurden Personen, die den persönlichen Assistenten unabhängig von den Ausprägungen der Attribute grundsätzlich immer oder nie kaufen würden, ausgeschlossen. Durch diese Maßnahme können Verzerrungen bei der Schätzung vermieden werden (siehe Gensler et al. 2012). Der bereinigte Datensatz besteht aus n=138 Personen. Bei der choice-based Conjoint-Analyse handelt es sich um eine etablierte Methode, welche im Vergleich zur rating-basierten Conjoint-Analyse in der Vergangenheit bessere Ergebnisse erzielt hat (Karniouchina et al. 2009). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Konsument ein bestimmtes Produkt i wählt, ergibt sich aus dem Nutzen des Produktes i sowie dem Nutzen der Nicht-Kauf Option:

$$P_{h,i} = \frac{\exp(u_{h,i})}{\exp(u_{h,NP}) + \sum_{i' \in C_a} \exp(u_{h,i'})} \quad (1)$$

$P_{h,i}$ : Wahrscheinlichkeit, dass ein Konsument h das Produkt i wählt;

$u_{h,i}$ : Nutzen des Produkts i für den Konsumenten h

$u_{h,NP}$ : Nutzen der Nicht-Kauf Option für den Konsumenten h

Der Nutzen des Produktes i ist die Summe der Teilnutzen der Attribute sowie des Teilnutzens des Preises:

$$u_{h,i} = \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \beta_{h,j,m} * x_{i,j,m} + \beta_{h,price} * p_i \quad (2)$$

$\beta_{h,j,m}$ : Parameter des Levels m von Attribut j für den Konsumenten h

$x_{i,j,m}$ : Variable, die angibt ob Produkt i das Level m von Attribut j aufweist

$\beta_{h,price}$ : Preis-Parameter für den Konsumenten h

$p_i$ : Preis des Produkts i

Die Zahlungsbereitschaft ist definiert als der Preis, zu dem ein Konsument indifferent zwischen dem Kauf und Nicht-Kauf ist. In diesem Falle sind der Nutzen, der sich aus dem Kauf ergibt und der Nutzen, der sich aus dem Nicht-Kauf ergibt, identisch:

$$\sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \beta_{h,j,m} * x_{i,j,m} + \beta_{h,price} * WTP_{h,i} = \beta_{h,NP} \quad (3)$$

$WTP_{h,i}$ : Zahlungsbereitschaft des Konsumenten h für das Produkt i

$\beta_{h,NP}$ : Wert der Nicht-Kauf-Option für den Konsumenten h

Aus dieser Formel lässt sich die Zahlungsbereitschaft ableiten:

$$WTP_{h,i} = \frac{1}{\beta_{h,price}} * (\beta_{h,NP} - \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \beta_{h,j,m} * x_{i,j,m}) \quad (4)$$

Für die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft (Tabelle 3) werden den Teilnehmern unterschiedliche Choice-Sets präsentiert, die jeweils drei Alternativen des persönlichen Assistenten mit unterschiedlichen Ausprägungen der Datenschutz-Attribute Zugriffskontrolle, Datenverarbeitung, Transparenz sowie dem Preis enthalten. Zusätzlich erhalten die Teilnehmer die Möglichkeit, keines der vorgeschlagenen Produkte zu wählen.

Die favorisierte Variante der befragten Benutzer (Gesamtsample) ist ein System, das auf den Servern des Assistentenherstellers betrieben wird, und das die Intelligenz des Assistenten nutzt, um die Transparenz und Kontrolle aller kommunizierenden Geräte und Services zu unterstützen. Für einen derartigen persönlichen Assistenten beträgt die Zahlungsbereitschaft 19,75 Euro pro Monat. Dies entspricht in etwa dem Ergebnis aus der qualitativen Befragung, bei der die Teilnehmer im Durchschnitt bereit waren, 25 Euro pro Monat für das System auszugeben. Die zweitbeliebteste Variante (Zahlungsbereitschaft in Höhe von 18,91 Euro) stellt lediglich zu Beginn der Nutzung des Systems eine einmalige Datenschutz-Information zur Verfügung, die den Benutzer über die Verwendung der verarbeiteten persönlichen Informationen aufklärt. Das bedeutet, dass die favorisierte Variante über die bestehenden rechtlichen Anforderungen an die Transparenz hinausgeht, was jedoch nicht auf die anderen Dimensionen zutrifft: So ist es durchaus möglich, dass die intelligente Zugriffskontrolle den rechtlichen Anforderungen nicht entspricht, wie z.B. der Notwendigkeit der informierten Zustimmung des Benutzers zur Verarbeitung seiner persönlichen Informationen, die etwa von der EU-Datenschutzrichtlinie gefordert wird<sup>1</sup>.

	Option	Zugriffskontrolle			Verarbeitungsort			Transparenz			Preis
		Gruppenweise	Intelligent	Feingranular	Zu Hause	Hersteller	Service-Provider	Regulär	Intelligent	Einmalig	WTP in €
Digital natives	1.		X			X			X		20,43
	2.		X			X				X	19,59
	3.		X			X		X			12,65
Millennials	1.		X				X		X		16,85
	2.		X				X			X	15,92
	3.		X			X			X		15,24
Baby boomer	1.		X			X			X		24,31
	2.		X			X				X	23,56
	3.		X				X		X		22,11
Senioren	1.		X				X		X		12,26
	2.		X			X			X		12,11
	3.		X				X			X	11,26
Gesamtes Sample	1.		X			X			X		19,75
	2.		X			X				X	18,91
	3.		X			X		X			14,04

**Tabelle 3: Zahlungsbereitschaft und bevorzugte Produkte**

Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Segmente fällt auf, dass die Nutzer auch Interesse an einer Installation des Systems auf dem Server eines Dienstleisters zeigen, welcher vom Nutzer oder Hersteller ausgewählt wird. Für die „Millennials“ und „Senioren“ ist diese Komponente sogar ein

<sup>1</sup> Richtlinie 95/46/EG zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und zum freien Datenverkehr („Datenschutzrichtlinie“)

Teil des präferierten Assistenzsystems. Die übrigen Merkmalsausprägungen des Assistenten sind nicht in den drei beliebtesten Alternativen der einzelnen Segmente vertreten. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass die Benutzer den persönlichen Assistenten nicht auf einem System bei sich zu Hause installieren möchten und dass eine feingranulare Zugriffskontrolle nicht gewünscht wird. Es wird also eher eine Rund-um-Sorglos-Versorgung gewünscht, auch wenn diese eventuell hinsichtlich des Datenschutzes gegenüber dem Plattformbetreiber Risiken bergen könnte.

## 6 Diskussion

Im Folgenden werden einige Auswirkungen der Ergebnisse dieser Studie diskutiert, welche neben der quantitativen Hauptstudie auch auf den in Abschnitt 3 geschilderten qualitativen Interviews basieren. Die Nutzer wünschen sich, dass ihre persönlichen Informationen unter Kontrolle bleiben und dass ihnen maßgeschneiderte Transparenz angeboten wird, was gerne mit Hilfe der Automatisierungsfunktionen des Assistenten geschehen darf. Insofern werden die Ergebnisse von Glass et al. (2008) teilweise bestätigt. Dies ergibt sich sowohl aus der starken Präferenz für intelligente Zugriffskontrolle und Transparenz unter „Manchmal-Käufern“, als auch aus der Tatsache, dass diejenigen Konsumenten, die den Assistenten unabhängig von der Ausstattung in jedem Fall kaufen würden, sehr sensibel in Bezug auf Datenschutz sind. Dies kann durch die früheren qualitativen Befragungen erklärt werden. Die von den Benutzern geäußerten Datenschutz-Bedenken beziehen sich hauptsächlich auf andere Nutzer, wie z.B. Freunde, Kollegen, Familienmitglieder oder schlichtweg andere Menschen. Ein Teilnehmer betrachtete sogar seine „Großmutter“ (die in dem Video gezeigt wurde) als mögliche Gefährdung der eigenen Datenhoheit. Er wäre daher eher bereit, seine persönlichen Daten einem Anbieter, welcher den Assistenten betreibt, zur Verfügung zu stellen, um sich vor potentiell unerwünschten Zugriffen von Bekannten, Verwandten oder unbekannten Dritten zu schützen.

Die Befragten sahen generell die Verarbeitung von persönlichen Informationen durch den Assistenten nicht als Bedrohung ihrer Privatsphäre an. Die Befragten gaben an, dass der Assistent "wie ein Hausangestellter" sei, und erachteten daher die Weitergabe von persönlichen Informationen als nützlich. Dies erklärt sowohl die Präferenz für das Hosting in der Cloud, als auch die Bereitschaft, auf intelligente Funktionen für Transparenz und Kontrolle zurückzugreifen. Die Offenheit gegenüber dem Assistenten bestätigt frühere Studien. Krasnova et al. (2009) zeigen z.B. in Fokusgruppen, dass die Nutzer sozialer Netzwerke viel mehr gegenüber Personen (23 Kodierungsübereinstimmungen) oder externen Organisationen (15 Übereinstimmungen) besorgt sind, wenn diese Zugriff auf ihre im Netzwerk geteilten persönlichen Daten haben, als gegenüber dem Anbieter des sozialen Netzwerks (2 Übereinstimmungen) oder einer dritten Partei (1 Übereinstimmung). Die Benutzer wurden auch gefragt, ob sie detaillierter über die Risiken im Zusammenhang mit dem Server, auf dem der Assistent betrieben wird, informiert werden möchten, oder ob sie Kontrolle über die Serverauswahl erhalten möchten. Beide Optionen erscheinen den Nutzern als „zu aufwendig“. Für sie ist nur wichtig, dass der Server von „einer vertrauenswürdigen Organisation“ betrieben wird.

Die Präferenz für den Betrieb des Dienstes durch den Hersteller kann durch den Wunsch der Nutzer erklärt werden, dass sie gerne alle Komponenten des Systems aus einer Hand erhalten möchten, um beim Auftreten von Problemen klare Verantwortlichkeiten zuordnen zu können. Ein Befragter, der das Hosting bei einem Service-Provider nicht bevorzugte, gab auch an, dass er diese Option als „die wahrscheinlich billigste“ Lösung empfand. Dieser als niedrig empfundene Wert mag zu einer

weiteren Schwächung der Dienstleister-Alternative beigetragen haben. Daher kann wohl davon ausgegangen werden, dass der Hersteller des persönlichen Assistenten in diesem Zusammenhang der bevorzugte Diensteanbieter ist.

In Zukunft sind eine Reihe von interessanten Fragestellungen denkbar, die auf der Basis der vorliegenden Studie beantwortet werden könnten. Beispielsweise könnte das Verhalten der Gruppe, die grundsätzlich von der Nicht-Wahl-Option Gebrauch macht, näher untersucht werden, um die genauen Motive ihrer Entscheidungen herauszufinden. Außerdem könnten die Datenschutzoptionen auf eine andere Art und Weise in anderen Kontexten dargestellt werden. Es ist zu vermuten, dass beispielsweise die Nutzung eines Assistenzsystems für Gesundheitsdaten von dem hier betrachteten Assistenzsystem abweicht. Neben dem grundsätzlichen Kontext wäre auch die Verwendung alternativer Methoden denkbar. Die geäußerten Zahlungsbereitschaften könnten durchaus von den tatsächlichen Zahlungsbereitschaften abweichen. Insofern werden zukünftige Studien auch Aussagen über die Generalisierbarkeit der vorliegenden Ergebnisse treffen.

Insgesamt zeigt die Studie, dass der Nutzer klare Verantwortlichkeiten schätzt und die größte Präferenz für ein gut funktionierendes System aus einer Hand hat. Datenschutzbedenken sind zwar vorhanden, aber sind von geringerer Bedeutung gegenüber dem Anbieter. Wichtiger scheint den potenziellen Nutzern der Schutz der Daten vor unbekannten Dritten oder Personen aus dem näheren Umfeld zu sein.

## 7 Literatur

- Agrawala M, Phan D, Heiser J, Haymaker J, Klingne J, Hanrahan P, Tversky B (2003) Designing Effective Step-by-Step Assembly Instructions. *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 22(3):828-837
- Atzori L, Iera A, Morabito G (2010) The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks* 54(15):2787-2805.
- Bader R (2013) Proactive Recommender Systems in Automotive Scenarios. Dissertation, Technische Universität München
- Bager J (2015) Siri, Cortana und Co.: Smartphone denkt voraus. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Siri-Cortana-und-Co-Smartphone-denkt-voraus-2748288.html>. Abgerufen am 09.09.2015
- Bucherer E, Uckelmann D (2011) Business Models for the Internet of Things. In Uckelmann D, Harrison M, Michahelles F (Hrsg) *Architecting the Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg
- Chapman CN, Love E, Alford JL (2008) Quantitative Early-Phase User Research Methods. In: *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Proceedings*. Waikoloa, Hawaii
- Cronbach LJ (1951) Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika* 16(3):297-334
- Findlater L, McGrenere J (2010) Beyond Performance: Feature Awareness in Personalized Interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies* 68(3):121-137
- Gensler S, Hinz O, Skiera B, Theysohn S (2012). Willingness-to-pay estimation with choice-based conjoint analysis: Addressing extreme response behavior with individually adapted designs. *European Journal of Operational Research*, 219(2): 368-378
- Glass A, McGuinness DL, Wolverson M (2008) Toward Establishing Trust in Adaptive Agents, *Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent User Interfaces*, Haifa, Israel

- Göker A, Myrhaug HI (2002) User Context and Personalisation. In: Workshop proceedings for the 6<sup>th</sup> European Conference on Case Based Reasoning. Aberdeen, Schottland
- Göker A, Watt S, Myrhaug HI, Whitehead N, Yakici M, Bierig R, Nuti SK, Cumming H (2004) An Ambient, Personalised, and Context-Sensitive Information System for Mobile Users. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> European Union Symposium on Ambient Intelligence. New York, USA.
- Jackson DN (1976) Jackson Personality Inventory Manual. Research Psychologists Press, Port Huron
- Karniouchina E, Moore WL, Van der Rhee B, Verma R (2009) Issues in the Use of Ratings-Based Versus Choice-Based Conjoint Analysis in Operations Management Research. *European Journal of Operations Research* 197(1):340–348
- Krasnova H, Günther O, Spiekermann S, Koroleva K (2009) Privacy Concerns and Identity in Online Social Networks. *Identity in the Information Society* 2(1):39-63
- Krasnova H, Hildebrand T, Guenther O (2009) Investigating the Value of Privacy in Online Social Networks: Conjoint Analysis. In: ICIS 2009 Proceedings. Phoenix, Arizona
- Meuter ML, Bitner MJ, Ostrom AL, Brown SW (2005) Choosing Among Alternative Service Delivery Modes: An Investigation of Customer Trial of Self-Service Technologies. *Journal of Marketing* 69(2):61-83
- Moorthy AE, Vu KPL (2014) Voice Activated Personal Assistant: Acceptability of Use in the Public Space, Human Interface and the Management of Information. *Information and Knowledge in Applications and Services*
- Oda O, Sukan M, Feiner S, Tversky B (2013) Poster: 3D Referencing for Remote Task Assistance in Augmented Reality. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. Orlando, Florida
- Roman R, Najera P, Lopez J (2011) Securing the Internet of Things. *Computer* 44(9):51-58
- Roßnagel H, Zibuschka J, Hinz O, Muntermann J (2014) Users' Willingness to Pay for Web Identity Management systems. *European Journal of Information Systems* 23(1):36-50
- Ryan EB, Szechtmann B, Bodkin J (1992) Attitudes toward Younger and Older Adults Learning to Use Computers. *The Journal of Gerontology* 47(2):96-106
- Steenkamp JBE, Gielens K (2003) Consumer and Market Drivers of the Trial Probability of New Consumer Packaged Goods. *Journal of Consumer Research* 30(3):368-384
- Taylor, H (2003) Most People Are “Privacy Pragmatists” Who, While Concerned about Privacy, Will Sometimes Trade It Off for Other Benefits. Harris Umfrage Nummer 17. <http://www.harrisinteractive.com/vault/Harris-Interactive-Poll-Research-Most-People-Are-Privacy-Pragmatists-Who-While-Conc-2003-03.pdf>. Abgerufen am 10.09.2015
- Tufekci Z (2008) Can You See Me Now? Audience and Disclosure Regulation in Online Social Network Sites. *Bulletin of Science, Technology & Society* 28(1):20-36
- Westin A (1967) Privacy and freedom. Atheneum Books, New York
- Ziamou P, Ratneshwar S (2003) Innovations in Product Functionality: When and Why Are Explicit Comparisons Effective? *Journal of Marketing* 67(2):49-61
- Zickuhr K, Madden M (2012) Older Adults and Internet Use. *Pew Internet & American Life Project*. 6. Jahrgang.



## **Teilkonferenz Strategisches IT-Management**

Unter dem Stichwort „Digitalisierung“ stellen neue technologische Trends IT-Organisationen vor veränderte Herausforderungen. Haben sich viele IT-Organisationen bislang darauf konzentriert, die Anforderungen der Fachbereiche möglichst effektiv und effizient in qualitativ hochwertige IT-Services zu übersetzen und diese zu betreiben, sind sie in zunehmenden Maße gefordert, das Gesamtunternehmen aktiv mitzugestalten. Da Informationstechnologie zukünftig in noch stärkerem Maße dazu verwendet werden wird, innovative Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle zu realisieren, ergibt sich für IT-Organisationen die Notwendigkeit, proaktiv und frühzeitig mit den Fachbereichen zu kooperieren, um solche Innovationen gemeinsam konzipieren und auf den Weg bringen zu können. Auf der anderen Seite vereinfachen Entwicklungen wie das Cloud Computing die Auslagerung von Elementen der IT-Wertschöpfungskette. Das Management von IT-Infrastrukturen, die Entwicklung neuer Software sowie der IT-Betrieb können somit vergleichsweise unkompliziert spezialisierten Anbietern überlassen werden, welche notwendige Kompetenzen vorhalten und Skaleneffekte realisieren können. Diese Entwicklungen bewirken einen graduellen Wandel der Rollen und Fähigkeiten von heutigen IT-Organisationen, und es ist zu erwarten, dass sich dies auch in Strukturen, Prozessen, Methoden und Governance-Mechanismen niederschlagen wird. Diese Teilkonferenz hatte Wissenschaftler und wissenschaftlich orientierte Praktiker dazu eingeladen, ihre aktuellen Forschungsaktivitäten im Kontext des strategischen IT-Managements vor diesem Hintergrund vorzustellen und zu diskutieren. Mit Freude hat das Programmkomitee zur Kenntnis genommen, dass die Teilkonferenz mit insgesamt 21 Einreichungen auf großes Interesse gestoßen ist. Nach Begutachtung von jeweils drei Fachkollegen konnten schließlich insgesamt sechs Beiträge angenommen werden.

*Nils Urbach, Frederik Ahlemann*

(Teilkonferenzleitung)





# The Impact of Enterprise Architecture Management on Design Decisions in IS Change Projects

Maximilian Brosius<sup>1</sup> and Stephan Aier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität St. Gallen, Institut für Wirtschaftsinformatik,  
{maximilian.brosius | stephan.aier}@unisg.ch

## Abstract

Information systems (IS) change projects aim at developing consistent IS solutions for business needs. In order to avoid inconsistencies, redundancies, and misalignments among these projects, some form of cross-project guidance is needed. Enterprise architecture management (EAM) is a prominent discipline that aims to guide IS change projects not only for local business needs, but also for enterprise-wide and long-term goals. However, EAM's impact often remains limited due to the complexity of IS landscapes, conflicting goal systems, and design decisions that cater local/short-term rather than enterprise-wide/long-term solutions. Assuming that EAM does not necessarily guide all these potentially relevant design decisions in IS change projects, we explore dimensions and characteristics of design decisions based on empirical focus group data. To this end, we develop a classification scheme, based on which we identify two design decision types that embody hierarchical and lateral characteristics, respectively. Using this scheme, we discuss how to (re-)consider EAM for enterprise-wide/long-term solutions in IS change projects.

## 1 Introduction

An increasing number of information systems (IS) change projects in today's organizations create solutions focusing a short-term/local rather than a long-term/enterprise-wide perspective (Gardner et al. 2012; Aier et al. 2015). A frequently discussed reason is the complexity of the corporate IS landscape (Abraham and Aier 2012; Boh et al. 2003; Weiss et al. 2013): Large organizations often implement hundreds of IS landscape changes every year, affecting a large number of applications that support various depending and interrelated business processes. Design decisions on even small changes affect a potentially large number of business processes, workflows, applications, and more generally a larger group of stakeholders and their respective goals (Murer et al. 2010). Additionally, these IS changes occur not only sequentially, but also in parallel, which potentially leads to inconsistencies among applications, processes and infrastructure components on an enterprise-wide level (Winter and Fischer 2007; Lankhorst 2005; Abraham and Aier 2012). Credit Suisse, a global bank, may serve as an illustrative example: Between 1995 and 2005, individual solutions for regionally heterogeneous business processes were developed individually, having generated inconsistencies, redundancies, and misalignment, and eventually fallen short in creating an enterprise-wide consistent IS landscape in the following years (Murer et al. 2010). In other words,

design decisions for IS changes that target local optima do not necessarily generate a beneficial solution on the enterprise-wide/long-term level.

For several years, enterprise architecture management (EAM) has been researched and applied as a means for holistically guiding IS change projects toward consistent solutions on the enterprise-wide IS landscape (Aier et al. 2011; Winter and Fischer 2007; Buckl et al. 2009; The Open Group 2011). However, extant research found that EAM's impact remains limited in IS change projects and does supposedly not reach all potentially relevant design decisions in these projects (Ross and Quaadgras 2012; Winter 2014; Gardner et al. 2012). While prior research has often valued the effects of EAM (Abrams et al. 2006), we assume, in line with Winter (2014), Aier et al. (2015) as well as Ross and Quaadgras (2012), that design decisions are generally a core object for achieving IS change solutions on an enterprise-wide and long-term basis.

The purpose of this study is to analyze design decisions in IS change projects. We aim to identify dimensions (e.g., acceptance of decision) and the respective characteristics (e.g., general acceptance, unequal acceptance) of design decisions in order to provide an instrument for scholars and practitioners for analyzing design decisions and their potential contribution to enterprise-wide and long-term IS solutions. Therefore, we proceed as follows: First, we review extant literature in order to position EAM as a means for achieving enterprise-wide IS solutions. Next, we collect and analyze focus group data for developing a classification scheme of design decision dimensions and characteristics in IS change projects. Based on this scheme, we identify design decisions types, and discuss how to (re-)consider EAM for achieving enterprise-wide and long-term goals through these design decisions. Implications and limitations are concluded in the final section.

## 2 Enterprise Architecture Management

Enterprise architecture (EA) is defined as the “organizing logic for business processes and the IT infrastructure, reflecting integration and standardization requirements” of an organization (Ross et al. 2006, p. 9). It has been largely developed by academic research and practitioners for descriptive usages, such as EA modeling (Buckl et al. 2009; The Open Group 2011). The traditional perspective of EAM goes beyond these descriptive approaches by aiming at prescriptively guiding IS change projects (Aier et al. 2015; Boh et al. 2003). These changes are often a necessary reaction to external influences on the organization (Teece et al. 1997), such as “opportunities, threats or unforeseen events” (Rouse 2006, p. 16).

EAM contributes to an organization's overall goal system by managing IS change endeavors (Winter and Fischer 2007; Lankhorst 2005) for increasing the corporate IS landscape effectiveness, manageability, and consistency (Schmidt and Buxmann 2011; Winter 2014) with a holistic perspective rather than focusing on local/short-term solutions (Aier et al. 2011). This holistic perspective reaches out in the organization for horizontal, vertical, and time dimensions (Winter and Fischer 2007; Lankhorst 2005). In these dimensions, (horizontally) all artifacts per artifact type (e.g., all applications) and (vertically) all layers of the business-to-IT stack (e.g., applications running on certain IT infrastructure and being used in certain business processes) are considered; furthermore, EAM considers these dimensions for several points in time. EAM typically approaches its holistic scope by artifacts like meta-models, models, plans and roadmaps, and coordination mechanisms, such as rules, norms, or guiding principles (Aier et al. 2015; Winter 2014). These artifacts and coordination mechanisms are mainly driven from a centralized position in the hierarchy of an organization, following a top-down direction (Asfaw et al. 2009; Aier 2014; Gardner et al. 2012).

Despite activities for developing and institutionalizing EAM in the organization (Weiss et al. 2013; Tamm et al. 2011; Gardner et al. 2012), established EAM functions still fall short of their expected contribution in practice (Ross and Quaadgras 2012; Winter et al. 2012; 2014). Compared to its holistic perspective, there are several reasons for EAM's limited impact: One reason can be found in the scope of EAM, which often is IS-/IT-related and thus does not reach out for those parts of the organization that are not related to IS concerns or IT change projects (Ross and Quaadgras 2012; Gardner et al. 2012). Likewise, the decisions in EAM are traditionally made by a small group of enterprise architects, which limits local impacts of architectural guidance (Aier et al. 2015; Winter 2014). Other reasons may be found in the applied artifacts and coordination mechanisms of EAM: Top-down driven coordination in complex environments and sophisticated artifacts (e.g., meta-models, roadmaps) foster the centralized management of enterprise architectures, its drivers and affected stakeholders, while restricting the design freedom of individual decision-makers (Dietz 2008; Hoogervorst 2004). In all, these limitations of EAM often result in unaligned local and short-term considerations, which at the same time provide the foundation for design decisions in IS change projects. In consequence, EAM-guided change projects, while providing local (business) value, remain limited with regard to their enterprise-wide and long-term contribution.

Although concepts have been introduced that advance EAM by complementary, decentralized (also non-IS-related) perspectives in project guidance (e.g., Winter 2014), the question remains how scholars and practitioners need to consider the impact of EAM on design decisions for enterprise-wide/long-term IS solutions. Hence, the design decisions themselves become the object of analysis. This study is aimed at providing a classification scheme of these design decision for scholars and practitioners, illustrating their differentiating characteristics and dimensions (which we define as the respective classes of characteristics) for further analysis:

**RQ:** *What are the dimensions and characteristics of design decisions in IS change projects?*

Using the resulting classification scheme in the context of our research, we identify design decision types and discuss how to (re-)consider EAM for better guiding design decisions of the respective decision type for contributing to enterprise-wide/long-term goals.

### 3 Research Design

We used *focus groups* as an instrument for collecting empirical data from practitioners. For this reason, we adopted a structured *design* (section 3.1), balanced for guided interaction and data collection. Furthermore, we established a feasible *setting* (section 3.2), having a homogenous group of participants with similar backgrounds and long-time experiences (Krueger and Casey 2000) in order to facilitate the gathered data toward a classification scheme.

#### 3.1 Design

The focus group data collection process started as group task with the collection of exemplars of design decisions in IS change projects. Based on their backgrounds and experiences (Krueger and Casey 2000) as well as for better managing discussions, two homogenous groups with four participants each were formed. Both groups had a moderator to guide interactions, to manage time, and to collect data; in this step, the overall objective was to identify and understand all relevant decision dimensions and characteristics based on the previously collected exemplars. Our classification scheme development process was guided by the *method for taxonomy development in information systems* by Nickerson et al. (2013). Taxonomies are a form of classification that employ

a *classification scheme* for grouping and categorizing objects (Doty and Glick 1994). The goal is to help both researchers and practitioners to better understand and analyze complex problem domains. Consequently, Nickerson et al.'s (2013) method aims at the schematic classification of objects; hence, we adapt their method for the development of our classification scheme.

In general, Nickerson et al.'s (2013) method starts with a definition of the meta-characteristics (purpose and scope of method application) and ending conditions (expected outcome of method application), followed by a *three-step dimension development process*, and ending up with a revision of the final construct against the earlier stated ending conditions. Regarding the three-step dimension development, Nickerson et al. (2013) propose two alternative approaches: The *empirical-to-conceptual* approach that starts with a collection of an object subset, on which characteristics will be inductively identified and finally grouped to dimensions. However, we chose to follow the *conceptual-to-empirical* approach and use conceptualization as deductive way of gathering dimensions and their characteristics based on the knowledge and experience (Nickerson et al. 2013) of our focus group members. The following examination of objects for these characteristics and dimensions founded a valid basis for the identification and discussion of design decision types.

### 3.2 Setting

Focus groups are supposed to provide enough time and participants for argumentative diversity on the one side, and not too many participants for ensuring a comfortable atmosphere in sharing thoughts, opinions, beliefs, and experiences on the other side (Onwuegbuzie et al. 2009). Following Kontio et al. (2004) as well as Tremblay et al. (2010), the ideal focus group is supposed to comprise three to twelve participants, requires between one to three hours, and provides guided discussions by the moderator (Kontio et al. 2004). The focus group was conducted on May 12<sup>th</sup> 2015 within an established practitioner community. Eight managing enterprise architects, representing six large organizations in the insurance, banking, and logistics industry in Germany and Switzerland, attended the workshop. Each of these managers had authority for decision-making in IS change and development projects; particularly, their project experience and decision responsibilities covered EA, the alignment of business and IT, budgeting, planning, controlling, and reporting.

The participants provided valuable information on decisions in IS change projects: The insurance and financial service industries were of particular interest as these have undergone large regulatory changes in the past years that affected organizations not only in business processes and workflows, but also in the underlying IT infrastructure. Basel III, BCBS 239 (banking) and Solvency II (insurance) are only a few examples that have challenged organizations in the use of IS in both business and IT. The logistics industry complemented our setting, however, by responding with IS change projects mainly to competitive opportunities rather than external forces in the market. Together, the motivations and backgrounds of the attending organizations for pursuing IS change projects diversely enriched our source of focus group data (Teece et al. 1997; Rouse 2006). Hence, we propose that the resulting decision characteristics and dimensions as well as the identifiable decision types are generalizable to also other than the attending organizations and their respective industries.

### 3.3 Procedure

The workshop was initiated by a detailed introduction, which announced the goals for each of the following steps as well as an explanation of the classification scheme development model by

Nickerson et al. (2013). As outlined by the single steps of the classification development process (Nickerson et al. 2013), the procedure for the focus group was structured as follows:

*Meta-characteristics.* The first step was to introduce all participants to the ultimate purpose (meta-characteristics) of this study, including its objects of analysis (design decisions in IS change projects) as well as its construction method (Nickerson et al. 2013). The classification was grounded on the experience and knowledge of the participants solely (see also section 3.1). For this reason, we conducted an open, non-guided discussion among all participants, taking approximately 30 minutes. The participants were asked to name factual exemplars of design decisions in IS change projects with enterprise-wide and long-term impacts, regardless of the abstraction level. These examples were documented in the order they were named:

*“Formulation of architectural principles, online solutions, using SAP HANA, SaaS solution versus own development, cloud usage strategy, definition of “client”, IT platforms and infrastructure, RedHat versus Debian, SharePoint versus Confluence, planning of IT budget/investments, ad-hoc solutions in business segments, alignment in targeted architecture (business and IT), project approval business/IT, CUD requirements and applications, central versus decentralized architecture, product structure, sale channels, regulations, vertical range of manufacture, industrialization/digitalization, IT-contract and license management, cross-unit/departmental platforms, Java versus JEE, usage of boundary objects, usage of information and data models, procedure and structure of projects, business rules, key performance indicators, product portfolios, client- versus product-oriented perspectives, security dealings”*

*Ending conditions.* We chose the ending conditions for the construction process on the following basis: All collected objects were supposed to be used for the process of refining the conceptualized results, to be classified, and there had to be at least two illustrative characteristics per final dimension. In order to avoid redundancies and to ensure mutual exclusiveness for each of the dimensions, the refinement process was supposed to end once reaching saturation by conceptualized dimensions that were not further extending/differentiating the classification scheme.

*Conceptualize (new) characteristics and dimensions of objects.* In this first development step, the participants of both groups directly conceptualized dimensions (without examining actual objects), to which differentiating features (i.e., characteristics) were illustrated in the following. The participants approached this step by first a rather abstract perspective, aligning highly abstract characteristics with each other in order to conceptualize dimensions, then lowering the level of abstraction in order to facilitate illustrative characteristics on a more detailed level. After 45 minutes, all dimensions were conceptualized and all characteristics illustratively enriched.

*Examine objects for these characteristics and dimensions.* In this step, the participants were asked to examine the conceptualized characteristics and dimensions along the previously collected set of exemplars. This step lasted about 20 minutes in total for both parallel groups. The examination of objects also started from a rather abstract perspective and became, guided by the moderator, more and more detailed over time. In all, only a few specified dimensions had to be refined, some characteristics renamed for a better understanding.

*Create (revise) classification.* Having conducted the last two steps in parallel, both groups' results were compared in a final discussion slot, which lasted about 20 minutes. In this discussion, the participants were asked to present their results to the other group. Both groups' results were complemented toward the final classification scheme. Using the character of the focus group method, the interaction among the participants facilitated not only the final dimensions, but also

their respective characteristics. Similar to the preceding section, this step started from a rather abstract perspective and was developed by the moderator into a more detailed one over time. After approximately 20 minutes, the final ending conditions were met, having two to three characteristics grouped to one dimension, all dimensions being mutually exclusive.

## 4 Results

The final classification scheme (Table 1) responds to our research question with 18 dimensions. For each dimension, we identified two to three illustrative characteristics (Table 1). These characteristics serve as exploratory (however not fully exhaustive) basis for illustrating design decisions in IS change projects. The characteristics follow a certain *scale type*: There are nominal scales, characteristics that can be differentiated, although they cannot be ordered. Furthermore, there are ordinal scales, characteristics that can be ordered but their distance cannot be determined.

Group	Dimension	Illustrative Characteristics			Scale
Decision	Decision properties	Critical/political	Relevant	Not relevant	<i>Nominal</i>
	Decision nature	Attractive		Not attractive	<i>Nominal</i>
	Decision driver	Collective	Selective	Individual	<i>Ordinal</i>
	Decision object	Process	Software	Infrastructure	<i>Nominal</i>
	Decision quality	Fact-based		Personal Feeling	<i>Nominal</i>
	Level of documentation	Distinct	Partial	Unincisive	<i>Ordinal</i>
Decision Process	Decision process maturity	High		Low	<i>Ordinal</i>
	Decision-maker competency	Comprehensive	Generalized	Specialized	<i>Nominal</i>
	Decision-maker hierarchy	Executive-level	Middle-level	Low-level	<i>Ordinal</i>
	Decision-maker locality	Central	Unit-specific	Local	<i>Ordinal</i>
	Informality	Low		High	<i>Ordinal</i>
	Implementation	Instruction	Guideline	Recommendation	<i>Nominal</i>
	Reach of decision	Cross-departmental		Local	<i>Ordinal</i>
Decision Impact	Decision bindingness	Mandatory	Partially binding	Open	<i>Ordinal</i>
	Range of impact	Enterprise-wide		Organizational unit	<i>Ordinal</i>
	Decision-maker allocation	Global	Heterogeneous	Homogenous	<i>Nominal</i>
	Impact over time	Unlimited		Limited	<i>Nominal</i>
	Acceptance	General		Unequal	<i>Ordinal</i>

**Table 1: Classification Scheme of Decision Dimensions and Characteristics**

*Decision.* The participants perceived a varying degree of relevance among decision properties, which helped us to understand design decisions by characteristics like critical/political, relevant and not relevant. Similarly, practitioners offered a new perspective on the nature of a design decisions, which was perceived as attractive (prestigious decision) and non-attractive (less relevant, routine decision). The drivers of decisions were seen as decision-executing stakeholders that can be represented by the collective organization, selected roles, or the individual. Contrary to drivers, the objects of decisions were seen as its targets, whether concerning the infrastructure, the software, or

processes. The quality aspects helped us to explore IS change decisions by both subjective and objective associations: While the fact-based character appeared rather objectively evaluable, we learned that the quality is often also a subject to personal feelings and intrinsic motivations (subjectively) of the respective decision-maker. Finally, regarding the coordination character of IS change projects, we learned that not all decisions are supported by formalized mechanisms (distinct documentation), but also maintain less formal (to some degree documented) and informal (unincisive, no/very low level of documentation) ones.

*Decision process.* Among the reported process-grouped dimensions, which were rather generally discussed beyond specific IS change project associations, we gained insights into the maturity of decision processes. Also more generally discussed was the competency of the decision-maker: Although the focus group members reported several criteria of assessing competence, they admitted in the final in-class discussion that this dimension was perceived, to a major extent, subjectively. Competence was illustrated among comprehensive, an attribute that participants associated with high-level managers and their experience, generalized (associated with project-/line-managers), and specialized (associated with selected individuals). Informality was also discussed beyond specific IS change project associations. In this vein, participants explained localities as centralized (associated with higher influence and competence in decision-making), unit-specific and local (both associated with comparable low influences and competencies in decision-making). Likewise, they explained that hierarchy (of decision-makers) shows different characteristics, such as the executive-level, the middle-level, and the low-level. More project-dependent, we gathered insights into the mechanisms applied in IS change projects: The implementation of decisions may result by instructions (perceived as rather formal), guidelines, or recommendations (both rather informally perceived). Also project-dependent was the reach of the change decision within the firm, which varied between cross-departmental (enterprise-wide) and local (employee-/unit-specific), as stated from the perspective of our focus group participants.

*Decision impact.* We learned about the effects of IS change projects by the bindingness of decisions: Bindingness was discussed in a range of characteristics like mandatory (forcing effect), partially binding (guiding effect), and openness (facilitating effect). According to the participants, the impact of decisions can reach out for both IS-related and non IS-related stakeholders, ranging from enterprise-wide (strong, often long-term effects) to unit-specific (local, often specific effects). Regarding the project aspect of IS changes, the allocation of decision-makers helped us to consider decision impacts by the diversity of its concerned decision-makers, being characterized as high (global), partial (heterogeneous) and lowly diversified (homogenous). Additionally, we learned about the time-dimensional aspects of IS changes projects, considering unlimited and limited facets. Finally, we gained insights into the impacts of IS changes by the acceptance of decisions, illustrated by characteristics like general (enterprise-wide agreement) and unequal (mixed agreement).

## 5 Discussion

Based on the developed classification scheme, the next step is set out as identification of design decisions types, and discussion of how EAM needs to be (re-)considered for contributing to the achievement of enterprise-wide and long-term IS solutions. Hence, we use characteristics as differentiating features in order to discuss on which decisions EAM can have an impact, those on which EAM most probably has no impact, and those not being meaningful for this particular differentiation. Using this differentiation, we defined two major types of design decisions: The

*hierarchical* one, highly similar to the expected impacts of EAM (see section 2), and the *lateral* one, grounded on those decision characteristics that are complementary to the hierarchical type. Their key characteristics are briefly stated in Table 2 and illustrated in Table 3.

Hierarchical design decisions	Lateral design decisions
Top-down driven coordination mechanisms	Bottom-up consolidation, decentralized
Enterprise-wide/holistic scope	Local perspective, lateral relations
Sophisticated/formal artifacts	Less sophisticated/formalized method support

**Table 2: Design Decisions and Key Characteristics**

*Hierarchical design decisions* (see Table 3) resemble the mechanisms, scope, and artifacts of traditional EAM as stated by literature (see section 2). *Lateral design decisions* are not addressed by traditional forms of EAM: They focus on the middle and lower hierarchical levels, decentralized/local perspectives, and apply less sophisticated methods compared to the hierarchical type. In the following, we discuss the two design decision types and their implications on the use of EAM.

Group	Dimension	Illustrative Characteristics			Scale
Decision	Decision properties	Critical/political	Relevant	Not relevant	Nominal
	Decision nature	Attractive		Not attractive	Nominal
	Decision driver	Collective	Selective	Individual	Ordinal
	Decision object	Process	Software	Infrastructure	Nominal
	Decision quality	Fact-based		Personal Feeling	Nominal
	Level of documentation	Distinct	Partial	Unincisive	Ordinal
Decision Process	Decision process maturity	High		Low	Ordinal
	Decision-maker competency	Comprehensive	Generalized	Specialized	Nominal
	Decision-maker hierarchy	Executive-level	Middle-level	Low-level	Ordinal
	Decision-maker locality	Central	Unit-specific	Local	Ordinal
	Informality	Low		High	Ordinal
	Implementation	Instruction	Guideline	Recommendation	Nominal
	Reach of decision	Cross-departmental		Local	Ordinal
Decision Impact	Decision bindingness	Mandatory	Partially binding	Open	Ordinal
	Range of impact	Enterprise-wide		Organizational unit	Ordinal
	Decision-maker allocation	Global	Heterogeneous	Homogenous	Nominal
	Impact over time	Unlimited		Limited	Nominal
	Acceptance	General		Unequal	Ordinal
	<b>Explanation:</b>	■ Hierarchical	■ Lateral	Not differentiating	

**Table 3: Differentiated Design Decisions**



### 5.1 Hierarchical Design Decisions

In all, we find the hierarchical design decisions as established targets of EAM. Using the classification scheme, we draw a parallel to the traditional EAM literature: On the one side, the *hierarchical* type maintains an enterprise-wide scope (collective drivers, cross-departmental impacts), which resembles the holistic EAM scope as expressed in horizontal and vertical dimensions (Winter and Fischer 2007; Lankhorst 2005). On the other side, this type fosters enterprise-wide perspectives by top-down driven means (e.g., centralized locality, hierarchical-/executive-level, diversified allocation) as associated with traditional EAM coordination mechanisms (Aier and Gleichauf 2010; Aier 2014). Furthermore, this design is similar to EAM in its underlying management methods, applying for instance instructions and guidelines, and supporting artifacts like characteristics of quality (fact-based), maturity (high), informality (low), bindingness (mandatory), as well as documentation (distinct), which are discussed by traditional EAM literature (Winter 2014; Aier et al. 2015; Asfaw et al. 2009; Gardner et al. 2012). Likewise, the decisions are processed by the organization as a collective rather than by selective or individual drivers.

### 5.2 Lateral Design Decisions

Having reviewed the remaining classification scheme characteristics, one decision type appears not to be targeted by traditional forms of EAM: The *lateral* type. Contrary to top-down driven flows of information, the lateral type appears to be grounded on local, decentralized levels of the organization, for instance among employees (e.g., selective/individual drivers) or specific organizational units (local reach). We found neither a centralized locality nor a global allocation of the decision-maker; contrary, we found low- and middle-level hierarchies as well as unit-specific and decentralized localities. Likewise, reach and impact of decisions remain rather on the local level. Contrary to the top-down structure of the hierarchical type, this decision type draws from less sophisticated support mechanisms (e.g., recommendations) and has no (formal) bindingness. Hence, also the decision methods have a less formalized/hierarchical character (e.g., high informality), expressed for instance by characteristics of decision quality (personal feelings), a low level of documentation (e.g., partial, unincisive) as well as a comparably low maturity.

The identified lateral decision type encouraged us to investigate EAM in decentralized perspectives for considerable impacts on design decisions, including coordination mechanisms and method support (Winter 2014; Proper 2014; Aier et al. 2015). Using the classification data, we explored recent advancements in literature that promote the thinking in enterprise-wide/long-term perspectives, favoring to internalize these perspectives in decisions across organizational hierarchy levels, not restricted to IS-/IT-related stakeholders (Ross and Quaadgras 2012). Considering the classification data through these concepts, the lateral type appears capable for being targeted by EAM, achieving enterprise-wide impacts on local, decentralized levels (Lattanze 2012; Aier et al. 2015; Winter 2014): For example, the proposed sophisticated character of methods can be complemented by a “lightweight” (e.g., principle catalogue, charts) method support (Winter 2014), which fits the lateral design decision as discovered in the classification scheme.

### 5.3 Implications on the Impact of EAM

Achieving enterprise-wide and long-term solutions in IS change projects was shown to be compromised by EAM’s limited reach and impact on design decisions. In all, we can suggest two options for achieving these enterprise-wide/long-term considerations: The first one is to guide IS

change projects by targeting only those design decisions that follow a hierarchical, sophisticated character, which is expected to strengthen the impact of traditional EAM on IS change decisions.

The second option is to guide IS change projects by reconsidering traditional EAM through complementary coordination mechanisms. Similar to the *lateral* type, this option favors the inclusion of local, decentralized perspectives and the extension of EAM towards non-IS-related stakeholders (Aier et al. 2015; Abrams et al. 2006; Dietz 2008). Furthermore, enterprise-wide goals will have to be aligned with the local levels of the organization in order to bridge conflicting goal systems and to strengthen enterprise-wide, holistic considerations (Aier et al. 2015). While traditional EAM approaches focus rather sophisticated support artifacts (Aier et al. 2015; Winter 2014), the inclusion of decentralized perspectives will require decisions to follow non-hierarchical and less formalized methods (Ross and Quaadgras 2012; Winter 2014; Lattanze 2012). In sum, it will aim at educating individual decision-makers to internalize enterprise-wide/long-term considerations of the organizational IS landscape (Aier et al. 2015), thereby incorporating also non-IT-/IS-related stakeholders (Ross and Quaadgras 2012; Gardner et al. 2012) for guiding IS change projects.

To this end, the classification scheme illustrates several dimensions that remain not meaningful for differentiating design decisions into EAM-impacted and not-impacted ones, which propose an avenue for future research. For example, there are *properties* and the *nature* of decision: To the best of our knowledge, neither of these types has received an in-depth exploration by EAM literature yet. This also infers the assumption that some dimensions/characteristics are rather general attributes that are not specifically connected to the IS/IT change (project) context. Nevertheless, the participants of our focus groups discussed critical properties and attractive natures as highly relevant factors for motivating the participation in IS changes. Similar is the *object* of the decision as well as the *competency* of the decision-maker, which may shift the perspective of future research onto more environment-dependent design decision analyses; environments may change and thus will require a context-specific understanding of design decisions. Finally, the dimensions *time* and *acceptance* are important impact factors on EAM that may or may not differentiate EAM's effects from a longitudinal perspective. Based on the literature at hand, we were not able of drawing conclusions on EAM successfulness with regards to time series. However, we expect that the analysis of design decisions in IS change projects is and will receive ongoing attention as a central element for achieving consistent IS solutions with enterprise-wide and long-term considerations.

## 6 Conclusion

This study provides concrete insights into design decisions of IS change projects. We contribute to the understanding of guiding IS change projects by the means of EAM with illustrative exemplars of decision characteristics and dimensions that go beyond the theoretical discussions provided by literature so far. Drawing from the developed classification scheme, a large number of characteristics was meaningful for identifying types of design decisions and hence, for discussing how to achieve enterprise-wide and long-term considerations in IS change decisions by the means of EAM, following traditional and complementary perspectives, respectively. However, this study also maintains some limitations: Based on the homogeneity of the focus group, the developed classification scheme represents only a selective set out of a potentially large number of decision characteristics in IS change projects. A concrete use case would strengthen the findings to this point. Future research might also use our results as a basis for further generalizability and substantiate of the pool of identifiable design decision types.

## 7 References

- Abraham R, Aier S (2012) Architectural Coordination of Transformation: Implications from Game Theory. In: Rahman H, Mesquita A, Ramos I, Pernici B (eds) 7th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS 2012), Guimaraes, Portugal
- Abrams S, Bloom B, Keyser P, Kimelman D, Nelson E, Neuberger W, Roth T, Simmonds I, Tang S, Vlissides J (2006) Architectural thinking and modeling with the Architects' Workbench. IBM Systems Journal 45 (3):481-500
- Aier S (2014) The Role of Organizational Culture for Grounding, Management, Guidance and Effectiveness of Enterprise Architecture Principles. Information Systems And E-Business Management 12 (1):43-70
- Aier S, Gleichauf B (2010) Application of Enterprise Models for Engineering Enterprise Transformation. Enterprise Modelling And Information Systems Architectures 5 (1):58-75
- Aier S, Gleichauf B, Winter R (2011) Understanding Enterprise Architecture Management Design – An Empirical Analysis. In: Bernstein A, Schwabe G (eds) Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik WI 2011, Zürich
- Aier S, Labusch N, Pähler P (2015) Implementing Architectural Thinking: A Case Study at Commerzbank AG. In: Persson A, Stirna J (eds) Trends in Enterprise Architecture Research, Stockholm. CAiSE 2015 Workshops. Springer, pp 389-400
- Asfaw T, Bada A, Allario F (2009) Enablers and Challenges in Using Enterprise Architecture Concepts to Drive Transformation: Perspectives from Private Organizations and Federal Government Agencies. Journal of Enterprise Architecture 5 (3):18-28
- Boh WF, Yellin D, Dill B, Herbsleb JD (2003) Effectively managing information systems architecture standards: an intra-organization perspective. In: Proceedings of the MISQ Special Issue Workshop. Standard Making: A Critical Research Frontier for Information Systems, pp 171–187
- Buckl S, Ernst AM, Lankes J, Matthes F, Schweda CM (2009) State of the Art in Enterprise Architecture Management. Technische Universität München Chair for Informatics 19 (sebis), Munich
- Dietz JLG (2008) Architecture. Building strategy into design. Academic Service, The Hague
- Doty HD, Glick WH (1994) Typologies as a Unique Form of Theory Building: Toward Improved Understanding and Modeling. Academy Of Management Review 19 (2):230-251
- Gardner D, Fehskens L, Naidu M, Rouse WB, Ross JW (2012) Point-Counterpoint: Enterprise Architecture and Enterprise Transformation as Related but Distinct Concepts. Journal of Enterprise Transformation 2 (4):283-294
- Hoogervorst JAP (2004) Enterprise Architecture: Enabling Integration, Agility and Change. International Journal of Cooperative Information Systems 13 (3):213-233
- Kontio J, Lehtola L, Bragge J (2004) Using the Focus Group Method in Software Engineering: Obtaining Practitioner and User Experiences. In: Proceedings of the International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE), Redondo Beach
- Krueger RA, Casey MA (2000) Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research. 3 edn. Sage Publications, Thousand Oaks, CA

- Lankhorst M (2005) *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis*. Springer, Berlin
- Lattanze AJ (2012) Infusing Architectural Thinking into Organizations. *IEEE Software* 29 (1):19-22
- Murer S, Bonati B, Furrer FJ (2010) *Managed Evolution: A Strategy for Very Large Information Systems*. Springer, Heidelberg
- Nickerson RC, Varshney U, Muntermann J (2013) A method for taxonomy development and its application in information systems. *European Journal of Information Systems* 22 (3):336-359
- Onwuegbuzie AJ, Dickinson WB, Leech NL, Zoran AG (2009) A qualitative framework for collecting and analyzing data in focus group research. *International Journal of Qualitative Methods* 8 (3):1-21
- Proper HA (2004) Enterprise Architecture: Informed Steering of Enterprises in Motion. In: Hammoudi S, Cordeiro J, Maciaszek LA, Filipe J (eds) *15h International Conference ICEIS 2013*, Angers
- Ross JW, Quaadgras A (2012) *Enterprise Architecture Is Not Just for Architects*. Center for Information Systems Research Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA
- Ross JW, Weill P, Robertson DC (2006) *Enterprise Architecture as Strategy. Creating a Foundation for Business Execution*. Harvard Business School Press, Boston, MA
- Rouse WB (ed) (2006) *Enterprise Transformation: Understanding and Enabling Fundamental Change*. John Wiley & Sons, Hoboken
- Schmidt C, Buxmann P (2011) Outcomes and success factors of enterprise IT architecture management: empirical insight from the international financial services industry. *European Journal of Information Systems* 20 (2):168-185
- Tamm T, Seddon PB, Shanks G, Reynolds P (2011) How Does Enterprise Architecture Add Value to Organisations? *Communications of the Association for Information Systems* 28 (1):141-168
- Teece DJ, Pisano G, Shuen A (1997) Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal* 18 (7):509-533
- The Open Group (2011) *TOGAF Version 9.1. TOGAF Series*. Van Haren Publishing, Zaltbommel
- Tremblay MC, Hevner AR, Berndt DJ (2010) The Use of Focus Groups in Design Science Research. In: Hevner AR, Chatterjee S (eds) *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*. Edition 2010 edn. Springer US, Boston, MA
- Weiss S, Aier S, Winter R (2013) Institutionalization and the Effectiveness of Enterprise Architecture Management. In: *2013 International Conference on Information Systems (ICIS 2013)*, Milano
- Winter R (2014) Architectural Thinking. *Business & Information Systems Engineering* 6 (6):361-364
- Winter R, Fischer R (2007) Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. *Journal of Enterprise Architecture* 3 (2):7-18
- Winter R, Townson S, Uhl A, Labusch N, Noack J (2012) Enterprise Architecture and Transformation: The Differences and the Synergy Potential of Enterprise Architecture and Business Transformation Management. *360° – The Business Transformation Journal* (5):22-31

# Bimodal IT: Business-IT Alignment in the Age of Digital Transformation

Bettina Horlach<sup>1</sup>, Paul Drews<sup>2</sup>, and Ingrid Schirmer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, {horlach;schirmer}@informatik.uni-hamburg.de

<sup>2</sup> Leuphana Universität Lüneburg, Institut für elektronische Geschäftsprozesse,  
paul.drews@leuphana.de

## Abstract

Today, companies face a challenge, which has been coined as “digitalization” or “digital transformation”. As a reaction to this challenge, many companies see the need of establishing a new “digital IT” unit or of shifting responsibility for IT systems to the business units. These changes should allow the business to be better informed, more flexible and faster in adapting its IT as well as its IT-enabled services and products to market opportunities and customer needs. The coexistence of digital IT and traditional IT has been coined as “bimodal IT” or “two-speed IT”. By employing a literature review and a qualitative document analysis, this article clarifies the concept of bimodal IT and identifies implications for the business-IT alignment in organizations. We further describe and contrast the characteristics of “traditional IT” and “digital IT”. In addition, we summarize various approaches for implementing bimodal IT on the architecture, process and organizational level. Finally, we address critical observations raised in respect of the bimodal IT concept.

## 1 Introduction

With the growing digitalization of “virtually everything” driven by and based on the success of the IT megatrends social, mobile, analytics and cloud computing as the “nexus of forces” (Diallo et al. 2014), enterprises need to pursue digital innovation to improve or change their business models. If they fail to react faster than their competitors, they risk to lose their competitive advantage. As technology change accelerates and new digital solutions emerge, many companies feel the pressure to perform a digital transformation. This pressure increases due to changing preferences and expectations of customers and users.

Many ‘traditional’ organizations struggle with the implications of the digital transformation as it may lead to a loss of control over the customer relationship, increased competition and implies the threat of commoditization and standardization (Ernst & Young 2011). Due to complex and rigid IT infrastructures and inflexible hierarchical organizational silos in business and IT, companies are often not able to achieve the agility and flexibility needed for conducting the digital transformation. Business units increasingly control IT budgets (CFO Innovation Asia 2014a) in order to better solve business challenges with the help of IT. Consequently, well-established concepts like business-IT

alignment (e.g. Henderson and Venkatraman 1993; Luftman 2000) need to be rethought for this changing business environment.

In some cases, the digital transformation in traditional organizations leads to two different modes of speed (“two-speed IT”). For performing digital innovation, a fast customer-facing and business-oriented IT organization is established in order to react to rapidly changing customer needs. In addition, companies run the ‘classical IT’ with the established IT infrastructure and organization. This part of the IT organization is working in longer cycles and works at lower speed, as it has to run large core systems, which cannot be changed or modified easily. Apart from the different speed modes, both parts operate with different organizational structures and methods. Hence, many companies implement a “bimodal IT” organization with different governance mechanisms, processes and organizational structures to respond to this duopoly of speed. In this paper, we will use the term “bimodal IT” (instead of “two-speed IT”) as it does not only refer to the speed but also includes different architectures, processes and organization in both parts.

If companies establish a fast or bimodal IT as a part of their digital transformation, they need to align this new IT with the existing IT and with the business. Therefore, our research question is: How is business-IT alignment affected by a bimodal IT organization? This question will be addressed in this article by conducting a literature review according to vom Brocke et al. (2009) and Brink (2013). Subsequently, the resulting sources were used as the material for employing a qualitative document analysis (Bowen 2009). In a first step, the different meanings of bimodal IT will be discussed to illustrate the characteristics of the concept. In a second step, the approaches to implement bimodal IT, will be identified and examined regarding alignment mechanisms employed on the technical and organizational level. Finally, perceived drawbacks of bimodal IT will be discussed.

## 2 Research Approach

For summarizing relevant literature, we conducted a two-step literature review: First, we conducted an unstructured literature search in selected English and German data bases such as ABI Inform, IEEE, SpringerLink, WISO, Google Scholar and Google. Based on the results, we identified nine search terms in English and German related to bimodal IT (see table 1). Subsequently, a structured literature review in twelve high quality information systems and business-related data bases as mentioned by Knackstedt and Winkelmann (2006) has been conducted since bimodal IT affects both research fields. Additionally, Google has been searched to identify academic literature and suitable archival data like white papers, news articles etc. (see table 1). A full text search strategy has been employed and no date filter has been set in order to identify all relevant publications.

For the document analysis, the first 200 search hits per search term for each data base have been reviewed to find out whether the concept of “bimodal IT” was addressed – at least by defining the term or any of its synonyms in the full text. The quantity of two hundred has been selected because higher numbers of results contained multiple duplicates and literature from other scientific areas such as, e.g., physics and chemistry which also deal with “bimodal” and “two-speed” in their respective fields. 178 documents fulfilled the criteria of our search. While some of these could be identified in academic data bases such as ABI Inform and WISO, the vast majority of 122 documents was found by searching Google. The documents were subsequently analyzed based on their distinct view on the topic (technological vs. organizational) and their personal stance (neutral, optimistic or skeptical). Thereafter, each document was analyzed to highlight characteristics of the

concept as well as approaches addressing the implementation of bimodal IT. Skeptical articles were further reviewed regarding possible drawbacks of bimodal IT and consequent alternative approaches.

Data base \ Search term	<i>ABI Inform</i>	<i>ACM Digital Library</i>	<i>AIS Electronic Library</i>	<i>Elsevier Scencedirect</i>	<i>Emerald Insight</i>	<i>Google Scholar</i>	<i>IEEE</i>	<i>JSTOR</i>	<i>Springer Link</i>	<i>Web of Science</i>	<i>Wiley Online Library</i>	<i>WISO</i>	<i>Google</i>
<b><i>Bimodal IT</i></b>	73	3	1	222	316	1150	0	57	122	32	117	3	64200
<b><i>Bimodale IT</i></b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	776
<b><i>Bi mode IT</i></b>	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	9
<b><i>Dual (-) speed IT</i></b>	0	0	0	0	26	1	0	0	0	0	0	0	5270
<b><i>IT der zwei Geschwindigkeiten</i></b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	375
<b><i>IT of two modes</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b><i>IT of two speeds</i></b>	1	0	1	0	0	5	0	0	3	0	0	0	5
<b><i>Two (-) mode IT</i></b>	3	0	0	567	64	22	0	0	232	1	120	0	57500
<b><i>Two (-) speed IT</i></b>	29	0	1	21	218	12	0	0	6	0	12	3	37800

**Table 1 Search Results**

The concept of “bimodal IT” is a recent topic in theory and practice. Since the advisory firm Gartner made the concept public to a broad IT-affine audience in its CIO agenda for 2014 (Aron and McDonald 2013) in late December 2013, bimodal IT became more often discussed in the IT community with 49 publications in 2014 and 119 in 2015 respectively. Only nine out of 178 publications addressed this topic prior to December 2013.

As bimodal IT is intensively discussed in practice, nearly the entire literature we identified in the review process can be categorized as archival data (see table 2). Most of the publications such as blog entries, glossaries, news articles and white papers take a neutral stance in respect of bimodal IT. By drawing on practical cases, scenarios and metaphors, these publications mainly explain the concept and its elements. They also explain how bimodal IT is implemented and its implications on the technical and organizational level. Corporate-owned archival data such as presentations, interviews and corporate dossiers add to this information by providing advice for the implementation of bimodal IT. Companies use this literature for promoting their products and services as a solution to the challenges of bimodal IT. As these publications mostly focus on highlighting bimodal IT in the context the company is operating in, they permit a deeper insight into the concept. Finally, commentaries (as a special form of blog entries) highlight challenges and advantages of bimodal IT by discussing the concept itself and by giving feedback.

Only one publication has an academic background. It was published on the European Conference on Information Systems in 2015 (Bygstad 2015). This paper describes a study of how and to what extend “heavyweight” (e.g. databases) and “lightweight” IT (e.g. mobile app and bring-your-own-device) is used in organizations in the health sector, in which way they enable scaling by adding users to the services and how they facilitate innovation. An integration of light- and heavyweight IT is also discussed. While this publication addresses the use of agile and traditional IT in some

form of coupling, a definition of the concept of bimodal IT and analysis of its implementation is not part of the article. Instead, the author dissociates himself from this concept (Bygstad 2015).

Type of publication		Number of publications
<i>Academic paper</i>	Case studies	1
<i>Archival data</i>	Blog entry	43
	Commentary	25
	Corporate Dossier	17
	Glossary	2
	Interview	3
	News article	59
	Presentation	10
	White paper	14

**Table 2 Type of Publication in the Set of Relevant Results**

### 3 Bimodal IT as a New Challenge for Business-IT Alignment

In this section, we summarize our results of the document analysis we conducted on the empirical material mentioned in section 2. First, we present the basic characteristics of bimodal IT and the two different modes it comprises. Second, we discuss the need of changing business-IT alignment and governance as a result of the two modes. Third, we describe different ways of implementing bimodal IT on different levels (architecture, methods, organization). Fourth, we address critical observations raised against the concept of bimodal IT.

#### 3.1 Bimodal IT: The Concept and its Characteristics

With 106 direct and indirect references, the concept of “bimodal IT” is inextricably linked to the analyst firm Gartner. Publications from consulting firms like McKinsey (18 references) and Boston Consulting Group (4 references) follow with far less references. According to Gartner, the concept is defined as “the practice of managing two separate, coherent modes of IT delivery, one focused on stability and the other on agility. Mode 1 is traditional and sequential, emphasizing safety and accuracy. Mode 2 is exploratory and nonlinear, emphasizing agility and speed” (Gartner 2015a).

Mode 1, which is also named the “core IT”, “industrial IT” or “traditional IT”, is used to ensure reliably running IT by delivering efficient IT services with high levels of operational excellence (Gartner 2015b). This mode focuses on enabling predictability, scalability, risk aversion and cost savings (Henthorn-Iwane 2015) while driving industrialization of services (Bils 2014). Its operation is based on backend “systems of records”, which are built to provide long term stability and compliance (Bayley and Shacklady 2015). These systems are changed and improved in longer cycles and are usually managed with long-term waterfall project mechanisms (ibid.). In contrast, mode 2 is mainly based on agility and speed. It is also called “digital IT” or “agile IT”. In this new mode, the IT acts like a start-up inside the enterprise in order to follow short term market trends for which adequate digital services are developed in short cycles (Telecom Asia 2014). These client-facing “systems of engagement” are focused on fast innovation based on the proposed requirements by business units, external partners and customers (Kirschner and Kenney 2014). Value creation for business units, customers and partners is therefore the top priority for services operating in this mode (Gartner 2015b). It aims at facilitating personalized business moments for customers and at triggering customer branding (ibid.). Because disruption by changing market requirements can occur



at any time, mode 2 operations have to be non-sequential and non-linear based on lean, iterative and agile principles (Bils 2014). The characteristics of both modes are summarized in table 3. In the following, we will refer to mode 1 as “traditional IT” and to mode 2 as “digital IT”.

<b>Traditional IT (mode 1, industrial / core IT)</b>		<b>Digital IT (mode 2, agile IT)</b>
Stability	<i>Goal</i>	Agility & speed
IT-centric	<i>Culture</i>	Business-centric
Remote from customer	<i>Customer proximity</i>	Close to customer
Performance and security improvement	<i>Trigger</i>	Short term market trends
Performance of services	<i>Value</i>	Business moments, customer branding
Security & reliability	<i>Focus of services</i>	Innovation
Waterfall development	<i>Approach</i>	Iterative, agile development
Systems of records	<i>Applications</i>	Systems of engagement
Slow	<i>Speed of service delivery</i>	Fast

**Table 3 Characteristics of Traditional and Digital IT**

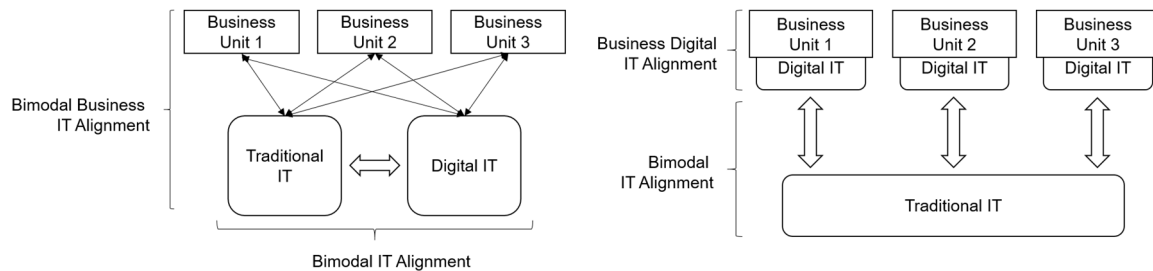
### 3.2 Bimodal IT: Alignment and Governance

Bimodal IT is described as a concept that allows narrowing the gap between what IT provides and what the enterprise needs. Therefore, it affects the core of strategic business-IT alignment as described by Henderson and Venkatraman (1993). Further, bimodal IT necessarily implies an operational alignment between the two modes as the according IS infrastructures, processes, structures, skills, methods and IT architectures have to be integrated.

Literature most often refers to IT governance and leadership as the key for aligning the traditional and digital IS infrastructures with the business counterpart and the strategic level of business and IT. Clear leadership and responsibilities on all levels are fundamental to the success of bimodal IT (Wall Street Journal 2014). At the operational level, the introduction of interdisciplinary, cross-functional teams consisting of business and IT specialists (Q\_Perior 2014) with clear operational lead is a potential solution.

The publications propose various approaches for strategically leading and managing the bimodal IT. Some address the need for a single CIO, who is accountable for both traditional and digital IT to prevent delay and complex coordination difficulties (Wall Street Journal 2014, Andersson and Tuddenham 2014). Other companies, such as travel company Thomas Cook and coffee retailer Starbucks (Francois et al. 2014), favor a chief digital officer (CDO) leading the digital IT (The Economist 2013) who is separate from the CIO heading the traditional IT. For both types of leadership, transparency, resilience, openness to new developments and the ability to adapt and learn from failure are essential for dealing with the digital business (Diallo et al. 2014). Thus, CDOs and CIOs nowadays enhance collaboration with business units, mainly with marketing (Francois et al. 2014). Some CIOs even report to the Chief Marketing Officer (CMO) for stronger alignment (Kirschner and Kenney 2014). Others create even more specialized roles such as business relationship manager or chief marketing technologist who act as the link between the IT organization and the business units (Kirschner and Kenney 2014). As a result, a bimodal IT governance needs to be established, which focuses on compliance and security as well as on agility

and flexibility (Bayley and Shacklady 2015). This requires multiple methods like e.g. creating a separate governance structure for digital IT (LeanIT 2015) or a special governance for cloud solutions in both modes (The Open Group Blog 2015). Further, the “governance clockspeed” (CEB 2015) can be accelerated by introducing lean decision processes (Q\_Perior 2014), reducing the number of decision makers and using judgment instead of analysis for simple decisions (CEB 2015).



**Figure 1 Two Modes of Alignment between Digital IT, Traditional IT and Business**

Consequently, bimodal IT enforces an extension of the traditional business-IT alignment mechanisms as described by Henderson and Venkatraman (1993) regarding two major changes. First, the two IT modes – traditional and digital – need to be aligned with each other (see figure 1 left, bimodal IT alignment). The most obvious reason for this is that the agile and customer-facing systems often need to access data, which is stored in the systems that are managed by the traditional IT. Hence, the traditional IT has to change its systems and architecture in a way that the digital IT is not slowed down or hindered. Second, the business units need to align their strategic and operational activities with the digital and the traditional IT in a faster and more agile manner. By decentralizing parts of the IT, a significant part of the digital IT might become a part of formerly non-IT business units. It needs to be aligned with the respective business unit (see figure 1 right, business digital IT alignment). New governance and alignment mechanisms need to be developed and established to achieve a good business-IT alignment under these changed conditions. The alignment should also be achieved in the mindset of IT leaders and IT personnel to adopt a business and customer perspective instead of a merely technical oriented view (Rae 2015).

### 3.3 Bimodal IT: Approaches for Implementation

Bimodal IT not only changes the business-IT alignment on a macro level, it also implies concrete implementation steps in the IT organization and IS infrastructure. In the following sections, we summarize the implementation approaches on different levels (architecture, processes and organization) as described in the sources we analyzed.

#### 3.3.1 Bimodal IT: Architecture

On the architectural level, bimodal IT takes advantage of emerging tools and platforms for agile customer-facing frontend systems while also running the traditional stable, mission-critical backend systems. This results in a duopoly of business-critical scale-up applications running on one stronger computer and scale-out applications distributed on several regular computers for reacting to changed or new business or technological conditions in the short term (Pfützner 2015). The required flexibility is enabled by virtualizing data and resources in a composable modular infrastructure for traditional IT and digital IT (Greiner 2015), partially with the aid of infrastructure respectively platform as a service cloud-based solutions. Companies often use private clouds for traditional IT

in order to shield operations from risks and to ensure security (Delp 2015) while simultaneously accelerating waterfall development (QualiSystems 2015). Additionally, the risks emanating from the use of shadow IT can be reduced by providing users with a flexible productive infrastructure environment for development and testing separate from the traditional infrastructure (Henthorn-Iwane 2015). Digital IT also uses external public or hybrid clouds (Pfützner 2015) to enable the distribution of workload, decrease deployment time of services by enabling live testing (Marko 2015) and fostering the independence of providers and office hours for agility (Delp 2015). Containers and microservices are commonly used for modularization (e.g. id.). Microservices, representing simple services such as retrieving customer information, are encapsulated in containers and then accessed via http and RESTful APIs (Bils 2014). Based on multiple containers, digital IT can then build their applications. By isolating the applications from the operating system, containers can freely be deployed across multiple cloud environments or in the in-house data center (Delp 2015). Further approaches supporting a bimodal integration on the architectural level include well-known concepts like service-oriented architectures (SOA) and data buses (Computerwoche 2014).

### **3.3.2 Bimodal IT: Processes and Methods**

Concerning the process level, bimodal IT implies a bimodality of existing operating models and processes in organizations. For instance, a “two-speed IT service management” is advised to facilitate the provision of value to the customer with new business and operating models. This concept implies the modernization and innovation of the service delivery, in particular the customer communication (Rae 2015). The traditional IT service management needs to be continued, mainly in the field of service operations (ibid.). In the field of business intelligence, “two-speed business intelligence (BI)” is described as a mean to support the operations with data and information in a bimodal manner (ComputerWeekly 2015, Tejada 2015). While the traditional BI team in a company continues to develop BI best practices focusing on security and profound business objectives, an agile mode of business intelligence needs to be established. This mode has to behave highly iterative and has to deal with unforeseen data discovery to provide agility for business by e.g. enabling self-service reporting (Tejada 2015).

Literature most frequently focusses on software development in respect of bimodal processes. For developing and deploying business-centric services with the aid of traditional IT, DevOps is most often used (e.g. Bils 2014). This is a software development method, which emphasizes close collaboration between developers, operations and quality assurance (Meier 2015). Through rapid evaluation and feedback provided by business and external users, the speed and reliability of improving services can be enhanced. DevOps is often combined with agile methods like Scrum (Computerwoche 2014, LeanIT 2015) or Kanban (LeanIT 2015) and is nowadays not only used by digital native companies like Google, Amazon or Netflix, but also emerging in traditional industries like retailing (e.g. Macy’s), banking (e.g. Lloyds Banking Group) or utilities (Francois et al. 2014).

### **3.3.3 Bimodal IT: Organization and Skills**

As traditional IT and digital IT fundamentally differ in their working styles and methods, the IT organization is either temporarily or permanently split up. The German car manufacturer Daimler for example chose a semi-splitting approach. Daimler set up a separate “project house” with 100-150 employees for the development of their customer-oriented services where engineers, product developers as well as sales and aftersales specialists work closely together with IT experts (Computerwoche 2014). This “project house” is highly agile by using 3-week sprints and 4 Scrum

teams. Other companies prefer to outsource their digital IT in separate “digital units” (Q\_Perior 2014) or subsidiaries. These units, which operate outside of the IT, such as e.g. digital-product management (Bossert et al. 2014) and viral-marketing (Gourévitch et al. 2012) act as collaboration forces between business units, customer-centric IT and the user. A third approach is to retain the IT in its traditional hierarchical organization, but to make it act as a service broker for IT-affine business units, which develop the solutions on their own (The Open Group Blog 2015). In this case, IT people act as consultants and coaches for the business units besides providing mainly cloud-based IT services (CEB 2015).

In particular when acting as a service broker, IT often partners with external vendors and third-party providers (The Open Group Blog 2015) to ensure the agreed quality and reliability levels for services by adding additional resources. Furthermore, new functionalities for services, mainly in respect of analytics and mobile development, are facilitated. This includes, as mentioned above, new BI methods like self-service BI (Tejada 2015) and predictive analytics (ComputerWeekly 2015) as well as providing the mobile back-end services (MBaaS) with user management, push notifications, server-side logic, data management and mobile integration middleware (Katz 2015). Partnerships are often not limited to IT resources like cloud platforms (Gourévitch et al. 2012) but more and more include sourcing of required skills (Avanade 2014). To enable IT as a service (ITaaS) for business, skills mainly staff security and risk specialists, developers, systems integration specialists and regulatory analysts (Telecom Asia 2014). For digital IT, external staffing further includes “digital native” skills like user experience, data science, smart machines (including Internet of Things), robotics and digital business architects (Telecom Asia 2014).

### 3.4 Bimodal IT: Discussion

While most of the cited publications consider the concept of bimodal IT as useful for addressing the rapidly growing digitalization and change of customer and consumer expectations towards digital services, some authors note that a bimodal IT organization is rather harmful to the organization. With regard to business culture, bimodal IT is mainly criticized for maintaining “organization silos” and for creating new silos instead of facilitating business transformation combining business and IT (Katz 2015, Stöcker 2015). Dividing IT organization in fast and therefore “cool” (digital IT) and slow and thus “uncool” (traditional IT) can create a tension between the IT teams who work in these different speed modes (Stöcker 2015). Competition between the two modes could result in non-cooperation with regard to implementation in traditional IT of innovation developed by digital IT (Stöcker 2015). Agile governance linking both modes is not encouraged by bimodal IT. Rather, traditional rigid control structures are favored (Bloomberg 2014). As a result, shadow IT may further encourage “silo thinking” (Katz 2015).

To overcome the competition between the two modes and the silos, a “multi-faceted IT operating model” (Bayley and Shacklady 2015) or “cell structure” (Wardley 2014) with multi-speed governance supporting those multiple ways of operating by the CIO are proposed as alternatives. Some authors suggest a trimodal IT structure with pioneers for digital IT, town planners for traditional IT and settlers as a mediating function ensuring that the innovation by the pioneers is turned into a mature product before traditional IT can transform it into commodities (Wardley 2014). This differentiation is helpful since IT services are not always bimodal such as e.g. enterprise service bus (Stöcker 2015) or microservices (Bils 2014), which do not clearly belong to just one mode. With an increasing number of such services, interfaces and mixed delivery models for each layer, a multiple management approach is required instead of a restricting duopoly.

To summarize, bimodal IT is being criticized as a temporary and intermediate state for pursuing a digital business transformation of the whole IT organization. While handling the most urgent challenges of digitalization, the resulting impact on the backend organization is not handled in the long term (IT Rebellen 2015). However, the life cycles for those systems are also shortened and the demand for agility, e.g. in software development is also rapidly growing in traditional IT. Therefore, resilience concerning the agility of the entire IT organization is a key factor for enterprises to stay competitive (IT Rebellen 2015). Hence, Anderson and Tuddenham (2014) recommend to iteratively reshape the entire IT, from talent to infrastructure.

## 4 Conclusion

In the age of digital transformation, business IT alignment has to be extended in order to take new digital modes of IT provision into account. As a first step, we need to better understand the challenges and implementation means that are used by companies to establish and advance a digital IT unit. In this paper, we gathered and analyzed material on the different means and methods that companies currently implement or use. Based on a literature review and a document analysis, we outlined the characteristics of digital and traditional IT. Furthermore, we investigated the need for changes in the business-IT alignment that follow the bimodality of IT. Finally, we presented some critical arguments concerning the concept of bimodal IT.

The literature review revealed some fundamental research gaps. Though most of the sources cite Gartner's definition, a consensus regarding bimodal IT's content has not been reached. This gap also effects the implementation approaches for IT bimodality, which clearly differ in their extent and method. Developing a clear definition for bimodal IT and formulating concrete suggestions for its implementation are therefore worthwhile next steps. A precise definition would also effect the extensions of the business-IT alignment identified in the paper between traditional and digital IT and to the business units in content and structure. In this context, the deployed methods need to be analyzed regarding their usefulness for achieving an overall alignment. The sources describe bimodal IT as a development that influences various disciplines that support the alignment between business and IT like IT service management, enterprise architecture, and project / project portfolio management. Hence, further research is required regarding the question, as to how these disciplines need to be adapted. Critical voices opine that bimodal IT would be insufficient in the long term. For companies to stay competitive, they propose trimodal and other multi-speed IT approaches in order to bridge a gap between business and IT. Whether these approaches result in a better alignment within the IT and to the business units has so far not been analyzed.

The results presented in this paper are limited due to a number of reasons. Even though the majority of the identified sources attempts to take a neutral stance regarding bimodal IT, an explicit and implicit interference with the authors' opinions is still perceptible. Furthermore, this article is limited in respect of the amount of literature reviewed. While a large number of publications has been examined, an exhaustive review has not been conducted. Research with academic background is scarce so far. Additional research is necessary to gain a better understanding of bimodal IT.

## 5 Literature

Andersson H, Tuddenham P (2014) Reinventing IT to support digitization. [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/reinventing\\_it\\_to\\_support\\_digitization](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/reinventing_it_to_support_digitization). Accessed: 10.08.15

- Aron D, McDonald M (2013) Taming the Digital Dragon: The 2014 CIO Agenda. [http://www.gartner.com/imagesrv/cio/pdf/cio\\_agenda\\_insights2014.pdf](http://www.gartner.com/imagesrv/cio/pdf/cio_agenda_insights2014.pdf). Accessed: 13.08.15
- Avanade (2014) Global Survey: What's creating tension between IT and business leaders? <http://www.avanade.com/~media/documents/resources/it-without-boundaries-global-study.pdf>. Accessed: 12.08.15
- Bayley N, Shacklady J (2015) Gearing Up for Growth Using Multi-speed IT. [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Technology\\_10/Accenture-Multi-Speed-IT-PoV.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Technology_10/Accenture-Multi-Speed-IT-PoV.pdf). Accessed: 14.08.15
- Bils S (2014) Two-speed IT: Necessary, But Not Sufficient. <https://infocus.emc.com/scott-bils/two-speed-it-necessary-not-sufficient/>. Accessed: 14.08.15
- Bloomberg J (2014) Transforming traditional IT for the digital world. <http://intellyx.com/2014/12/15/transforming-traditional-it-for-the-digital-world/>. Accessed: 13.08.15
- Bossert O, Laartz J, Ramsøy TJ (2014) Running your company at two speeds. [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/running\\_your\\_company\\_at\\_two\\_speeds](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/running_your_company_at_two_speeds). Accessed: 11.08.15
- Bowen GA (2009) Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal* 9(2): 27 – 40
- Brink A (2013) *Anfertigung Wissenschaftlicher Arbeiten: Ein Prozessorientierter Leitfaden zur Erstellung von Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten*. 5th Edition. Springer Gabler, Wiesbaden
- Bygstad B (2015) The coming of lightweight IT. In: *European Conference on Information Systems 2015*: Paper 22
- CEB (2015) Reorganizing IT for Speed - How to Avoid the Pitfalls of Two-Speed IT and Other Structural Solutions. [https://www.cebglobal.com/exbd-resources/pdf/information-technology/it-topic-centers/it-clock-speed/CEB\\_CIO\\_Reorganizing\\_IT\\_for\\_Speed\\_Preview.pdf](https://www.cebglobal.com/exbd-resources/pdf/information-technology/it-topic-centers/it-clock-speed/CEB_CIO_Reorganizing_IT_for_Speed_Preview.pdf). Accessed: 12.08.15
- CFO Innovation Asia (2014a) Non-IT Departments Now Control Technology Budgets, Study Shows. <http://m.cfoinnovation.com/story/8438/non-it-departments-now-control-technology-budgets-study-shows>. Accessed: 13.08.15
- ComputerWeekly (2015) Prepare for two modes of business intelligence, says Gartner. [https://www.wiso-net.de/document/NBPC\\_\\_1003151230233787000186700](https://www.wiso-net.de/document/NBPC__1003151230233787000186700). Accessed: 11.08.15
- Computerwoche (2014) Wie die Daimler-IT dem Autobauer hilft, näher an seine Kunden zu kommen. [https://www.wiso-net.de/document/CW\\_\\_2014081840025028273404402084](https://www.wiso-net.de/document/CW__2014081840025028273404402084). Accessed: 11.08.15
- Delp A (2015) 5 Disruptive trends to traditional IT operations. <http://symantec.cioreview.com/cxoinight/5-disruptive-trends-to-traditional-it-operations-nid-4886-cid-74.html>. Accessed: 12.08.15
- Diallo U, Patel P, Wrelton M (2014) The Digital Imperative. <http://drupaldemo11.nuim.ie/sites/ivi.nuim.ie/files/media/IVI-WP-The-Digital-Imperative.pdf>. Accessed: 14.08.15

- Ernst & Young (2011) The digitisation of everything. [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/The\\_digitisation\\_of\\_everything\\_-\\_How\\_organisations\\_must\\_adapt\\_to\\_changing\\_consumer\\_behaviour/\\$FILE/EY\\_Digitisation\\_of\\_everything.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/The_digitisation_of_everything_-_How_organisations_must_adapt_to_changing_consumer_behaviour/$FILE/EY_Digitisation_of_everything.pdf). Accessed: 11.08.15
- Francois C, Buvat J, Nambiar R (2014) The Digital Transformation Symphony: When IT and Business Play in Sync. <https://www.capgemini-consulting.com/the-it-business-symphony>. Accessed: 12.08.15
- Gartner (2015a) IT Glossary - Bimodal IT. <http://www.gartner.com/it-glossary/bimodal>. Accessed: 14.08.15
- Gartner (2015b) Gartner Says in the Digital World CIOs Need Bimodal IT: Rock Solid IT With Ability for Fluidity. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2865718>. Accessed: 12.08.15
- Gourévitch A, Rehberg B, Bobier J-F (2012) Two-Speed IT: A Linchpin for Success in a Digitized World. [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/it\\_performance\\_it\\_strategy\\_two\\_speed\\_it/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/it_performance_it_strategy_two_speed_it/). Accessed: 12.08.15
- Greiner W (2015) Zusammensetzbare IT-Infrastrukturen. [www.lanline.de/print/fachartikel/zusammensetzbare-it-infrastruk](http://www.lanline.de/print/fachartikel/zusammensetzbare-it-infrastruk). Accessed: 13.08.15
- Henderson JC, Venkatraman N (1993) Strategic Alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM Systems Journal* 32:4–16
- Henthorn-Iwane A (2015) Bimodal IT and Remodeling Traditional IT for Greater Agility. <http://devops.com/2015/06/24/bimodal-it-and-remodeling-traditional-it-for-greater-agility/>. Accessed: 11.08.15
- IT Rebellen (2015) Die „bimodale IT“ ist ein Placebo. <http://it-rebellen.de/2015/04/16/die-bimodale-it-ist-ein-placebo/>. Accessed: 12.08.15
- Katz F (2015) Implementing a Bimodal IT Strategy for Mobile App Development in 2015. <http://sandhill.com/article/implementing-a-bimodal-it-strategy-for-mobile-app-development-in-2015/>. Accessed: 12.08.15
- Kirschner B, Kenney P (2014) Lessons from the App Masters. [http://apigee.com/about/sites/mktg-new/files/Lessons from the App Masters.pdf](http://apigee.com/about/sites/mktg-new/files/Lessons%20from%20the%20App%20Masters.pdf). Accessed: 13.08.15
- Knackstedt R, Winkelmann A (2006) Online-Literaturdatenbanken im Bereich der Wirtschaftsinformatik: Bereitstellung wissenschaftlicher Literatur und Analyse von Interaktionen der Wissensteilung. *Wirtschaftsinformatik* 48:47–59
- LeanIT (2015) Bimodal IT – A responsive way of delivering value. <http://leanit.co.nz/bimodal-responsive-way-delivering-value/>. Accessed: 10.08.15
- Luftman J (2000) Assessing Business-IT Alignment Maturity. *Communications of the Association for Information Systems* 4(1): Article 14
- Marko K (2015) Bimodal IT: A New Buzzword For Old Concepts Presents Teachable Moments. <http://www.forbes.com/sites/kurtmarko/2015/06/16/bimodal-it/>. Accessed: 10.08.15

- Meier JD (2015) Dual-Speed IT Drives Digital Business Transformation and Improves IT-Business Relationships. <http://blogs.msdn.com/b/jmeier/archive/2014/11/07/dual-speed-it-helps-drive-digital-business-transformation-and-improve-it-business-relationships.aspx>. Accessed: 10.08.15
- Pfützner M (2015) "IT der zwei Geschwindigkeiten" - Ein neues Management für eine hybride IT. <http://www.cio.de/a/ein-neues-management-fuer-eine-hybride-it,3244151>. Accessed: 11.08.15
- Q\_Perior (2014) Two-Speed IT - Zweigleisig fahren und dadurch innovativer werden. [http://www.q-subject.de/media/qp/Q\\_SUBJECT\\_Ausgabe\\_02-2014.pdf](http://www.q-subject.de/media/qp/Q_SUBJECT_Ausgabe_02-2014.pdf). Accessed: 11.08.15
- QualiSystems (2015) Bimodal IT. <http://www.qualisystems.com/glossary/bimodal-it/>. Accessed: 11.08.15
- Rabie W (2015) Using Bimodal IT to quickly turn lightbulb ideas into revenue. <http://cloudcomputingintelligence.com/features/item/2224-using-bimod>. Accessed: 12.08.15
- Rae B (2015) Tackling the rise of bimodal IT and "two-speed ITSM." <https://www.axelos.com/news/blogs/february-2015/tackling-the-rise-of-bimodal-it-and-two-speed-itsm>. Accessed: 13.08.15
- Stöcker T (2015) Brauchen Digitale Transformationen und neue Geschäftsmodelle eine IT der zwei Geschwindigkeiten? [http://emea.nttdata.com/fileadmin/web\\_data/country/de/documents/Workshop\\_1\\_Keyfindings.pdf](http://emea.nttdata.com/fileadmin/web_data/country/de/documents/Workshop_1_Keyfindings.pdf). Accessed: 14.08.15
- Tejada M (2015) Business Intelligence Solutions Go Bimodal. <http://pivotpoint.io/en-us/article/business-intelligence-solutions-go-bimod#.VgexBJfK1z8>. Accessed: 13.08.15
- Telecom Asia (2014) Digital economy makes all businesses tech startups. <http://search.proquest.com/docview/1676007136?accountid=11262>. Accessed: 14.08.15
- The Economist (2013) Surfing a digital wave, or drowning?; The future of corporate IT. <http://search.proquest.com/docview/1465962532?accountid=11262>. Accessed: 14.08.15
- The Open Group Blog (2015) A Tale of Two IT Departments, or How Governance is Essential in the Hybrid Cloud and Bimodal IT Era. <http://blog.opengroup.org/tag/bimodal-it/>. Accessed: 12.08.15
- Vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, et al (2009) Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. European Conference on Information Systems 17:2206–2217
- Wall Street Journal (2014) The Cloud Grows Up; Gartner's Peter Sondergaard on the cloud's role in helping CIOs achieve agility. <http://search.proquest.com/docview/1496770866?accountid=11262>. Accessed: 14.08.15
- Wardley S (2014) Bimodal IT - The new old hotness. <http://blog.gardeviance.org/2014/11/bimodal-it-is-long-hand-for-snafu.html>. Accessed: 12.08.15



# Demystifying Lean IT: Conceptualization and Definition

Jörn Kobus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, joern.kobus@mailbox.tu-dresden.de

## Abstract

Production companies have been implementing Lean Management successfully for a long time. Recently, interest grew to apply Lean Management also to service organizations like IT. However, previous investigations show that there is a need for a more sufficient conceptualization and definition of Lean Management of IT organizations (Lean IT). The study at hand reduces this gap. It draws on production and management research concepts and transfers them to IT organizations. The study defines Lean IT as a holistic management system based on philosophy, principles, and tools. Lean IT aims at systematic management of continuous improvement by reducing waste and variability as well as enhancing value and flexibility in all functions of an IT organization. The resulting conceptualization contains four dimensions of Lean IT: (1) Why it is implemented (objectives); (2) Where it is implemented (functions); (3) What is implemented (tools); and (4) How it is implemented (success factors).

## 1 Introduction

Lean Management is considered as the standard production mode in the 21st century (Rinehart et al. 1997) and is widely known in and applied by production companies around the world (Liker and Morgan 2006). Commonly mentioned objectives for the implementation of Lean Management include the pursuit for best quality, lowest cost, shortest lead time, best safety, and high morale (Liker and Morgan 2006). As these objectives are relevant for nearly all companies, it is not surprising that the success of Toyota - a prime example for the extensive implementation of Lean Management (Bloomberg 2014; Liker and Morgan 2006) - inspired many non-production companies to have a closer look at Lean Management. As a consequence, several authors examined ways to incorporate learnings from Lean Management in production to other industries and functions (Kobus and Westner 2015b). There is general agreement in literature, that Lean Management can be applied not only to produce goods, but also to offer services (e.g. Browning and Sanders 2012; Hicks 2007). This also holds true regarding IT as a service function: Luftman and Derksen (2012) find that business productivity and cost reduction, business agility and speed to market, and IT cost reduction are among the top IT management concerns. Interestingly, these concerns are aligned with the objectives mentioned above why to implement Lean Management. In practice IT organizations already started to apply Lean Management or parts of it (Müller et al. 2011). In contrast to that, academic research on Lean Management of IT organizations (Lean IT) is sparse (Kobus and Westner 2015a). In a state of the art review of Lean IT, Kobus and Westner

(2015a) investigated more than 1,200 academic peer reviewed literature items of the past ten years. However, only 49 items were relevant to Lean IT. Of those 11 items were of higher relevance as they described the application of Lean Management to IT organizations (compare section 5), while 38 items were less relevant as they described mainly the supporting role of IT during a Lean Management implementation in a production organization. However, the 49 items did not have a coherent and in-depth conceptualization and definition of Lean IT. Therefore, it is not surprising when talking to IT practitioners and academics, that there seems to be no widely accepted definition of Lean IT and no clarity on what it comprises and what it does not. Especially from an academic point of view, the current situation is dissatisfactory because empirical testing of inexact concepts is inefficient and might lead to a body of research “[...] that examines slightly different aspects of the same underlying constructs masked by different terminology” (Shah and Ward 2007, p. 785). This means that the academic field cannot progress adequately (Meredith 1993). A previously used working definition<sup>1</sup> proved sufficient for a broad investigation of Lean IT. However, with the progress of the research stream a more elaborated and detailed conceptualization and definition are necessary. The paper at hand attempts to fill this gap.

We will conceptualize and define Lean IT using a top-down approach by drawing on production research literature and by incorporating IT experts’ practical experiences to increase usability and acceptance of the conceptualization and definition. The goal is to develop a conceptualization and definition that may serve as a future foundation for further academic research in the area of Lean IT. The corresponding research questions (RQ) are: *RQ1: Which theories can serve as foundation for Lean IT? RQ2: How can Lean IT be conceptualized? RQ3: How can Lean IT be defined?*

The paper’s structure is as follows: Section 2 outlines a theoretical foundation of Lean IT through the lens of dynamic capabilities and shows how it affects IT organizations. Section 3 proposes a conceptualization of Lean IT by synthesizing previous work regarding Lean Management in production organizations (Arlbjørn et al. 2011) and management decision (Simon 1960). Section 4 then details this conceptualization regarding IT organizations by building on interviews with three IT experts as well as on previous work and subsequently provides a definition of Lean IT. Section 5 validates the conceptualization and definition by investigating their application to existing literature ex-post. Section 6 concludes the paper with a brief discussion.

## 2 Theoretical foundation of Lean IT

Only few papers (7 out of 49 relevant) apply a theoretical foundation for their research in Lean IT (Kobus and Westner 2015a). Building on and extending this foundation, Kobus and Westner (2015b) propose three different theory categories (economic, social, strategic) comprising five possible theories (Agency theory, System dynamics, Absorptive capacity, Cognitive dissonance, Dynamic capabilities), which could support guiding research in the area of Lean IT. The three categories are defined as follows (Dibbern et al. 2004, p. 17). Economic theories “[...] focus on the coordination and governance of economic agents regarding their transactions with one another”; Social theories “[...] concentrate on the relationships that exist between individuals, groups, and organizations”; and Strategic theories “[...] focus on how firms develop and implement strategies to achieve a chosen performance goal”.

---

<sup>1</sup> Lean IT “[...] focuses on the application of Lean Management principles and tools in an IT-related context, i.e., on ‘change IT’ and ‘run IT’ including application development, application maintenance, infrastructure services as well as management or governance” Kobus and Westner (2015b).

All five theories within the three categories can be applied legitimately as a lens to investigate Lean IT. However, dynamic capabilities appear to be most suitable for a conceptualization and definition because it reflects the practitioner perspective (answering the question: 'Why should we implement Lean IT?') holistically whereas the other four theories focus on selected parts of Lean IT and its implementations.

Dynamic capabilities build on the theory of the Resource Based View (Teece 2007) and are defined "[...] as the firm's ability to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments" (Teece et al. 1997, p. 516). The term dynamic thereby refers to "[...] the capacity to renew competences to achieve congruence with the changing business environment; [(1)] certain innovative responses are required when time-to-market and timing are critical, [(2)] the rate of technological change is rapid, and [(3)] the nature of future competition and markets difficult to determine" (Teece et al. 1997, p. 515). The term capabilities thereby refers to the "[...] key role of strategic management in appropriately [(4)] adapting, [(5)] integrating, and [(6)] reconfiguring internal and external organizational skills, resources, and functional competences to match the requirements of a changing environment" (ibid).

To understand if Lean IT really fits into the guiding theory of dynamic capabilities, two sub-questions need to be investigated: (I) Do mentioned characteristics of a dynamic business environment describe the situation of IT organizations accurately; and (II) Does Lean IT support the mentioned capabilities?

(I) In most cases, IT organizations seem to face a dynamic business environment. Referring to the definition of Teece et al. (1997), (1) The characteristic critical time to market and timing especially affects the 'change IT' part (for example software development) of IT organizations. This holds for example true for start-up companies (e.g., the fast launch of a new IT driven service before a competitor's launch) as well as for renowned 'traditional' companies (e.g., in the automotive sector to build an autonomously driving car). (2) The characteristic rapid rate of technological change especially affects the 'run IT' part (for example server management) of IT organizations. The incorporation of the latest technology and the provisioning of an appropriate infrastructure to offer a reliable, fast, and flexible service are important to ensure competitiveness (for example the provisioning of new data server capacity, new laptops, or new software). (3) The characteristic difficult determination of future competition and markets especially affects the IT governance and management part of IT organization. The rise of mainly IT-driven business models (e.g., Amazon, Ebay, Google, Netflix) shows how fast market structures in previously static markets (e.g., bookstores or movie-rentals) can change or how fast new markets can emerge (Downes and Nunes 2013). IT will likely continue to affect all steps of the value chain. Examples are the product itself like software, its functionality (for example in a smartphone) but also its distribution (for example Supply Chain Management) or marketing (for example a consistent multi-channel experiences for customers).

(II) As mentioned, there is currently no coherent and in-depth conceptualization and definition for Lean IT in academic literature. Therefore, it is not clear if Lean IT can support the required capabilities, i.e., to (4) adapt, (5) integrate, and (6) reconfigure internal/external organizational skills, resources, and functional competences. However, borrowing from a conceptualization of Lean Management in production research (see Figure 1 for reference), the description of philosophy, principles, and tools (Arlbjørn et al. 2011) indicates that also these capabilities could be supported. While philosophy and principles rather address the mindset of an employee, especially proposed tools might be able to support the facilitation of required capabilities. The

implementations of various Lean Management tools can help to (4) adapt daily work, using, e.g., cause and effect analyses, demand smoothing or information boards; (5) track the progress of integration, for example, using performance management; and (6) reconfigure skills, resources, and functional competences, for example, using continuous improvement tools.

Since Lean Management comprises more than only a toolset (i.e., philosophy and principles), the implementation of it resembles a cultural change program. Therefore, it is not surprising that less than 5% of Lean Management programs achieve their anticipated results (Pay 2008). However, on the other hand, if implemented successfully as a holistic management approach, a dynamic learning capability builds up within the organization (Holweg 2007). This makes Lean Management hard to copy and a potential foundation of real competitive advantage (Shah and Ward 2007).

For those reasons, Lean IT seems to be well aligned with the theory of dynamic capabilities. To investigate this further, it is necessary to take a closer look on conceptualization and definition of Lean IT in the next sections.

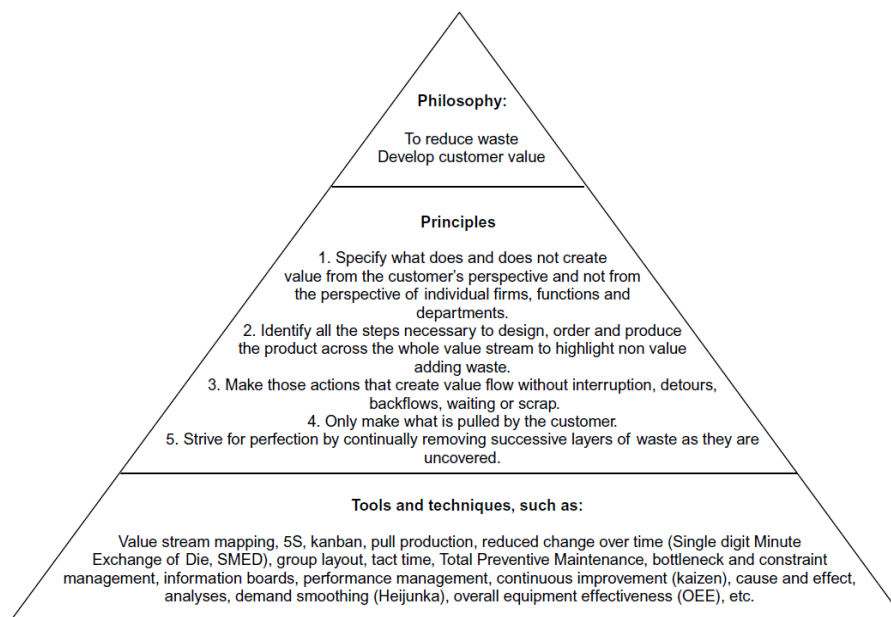
### 3 Lean IT: Conceptualization

To the best of our knowledge Lean IT has not been conceptualized and defined so far. However, since research on Lean Management in production faces a long tradition, we identified a starting point in production literature and develop our conceptualization for Lean IT from there. For this purpose, we build on a meta study of Arlbjørn and Freytag (2013) in which they investigate 154 literature items in order to analyze how Lean Management is viewed and operationalized in academic production literature and practice. Their investigation builds on their previously introduced conceptualization (Arlbjørn et al. 2011) shown in Figure 1. The conceptualization differentiates three lenses: (1) Philosophy, (2) Principles, and (3) Tools and techniques.

(1) The description of philosophy essentially follows the description of Womack and Jones (1996b) who define waste as “[...] *any human activity which absorbs resources but creates no value*” (Womack and Jones 1996b, p. 15) and value as “[...] *capability provided to a customer at the right time at an appropriate price, as defined in each case by the customer*” (Womack and Jones 1996b, p. 311). While we acknowledge that - compared to production organizations - the environmental characteristics of a product or service might be different within IT organizations, we believe it is possible to transfer the ideas of waste and value to IT organizations (c.f. Staats et al. (2011) or Browning and Sanders (2012) for more discussions on the applicability of Lean Management to 'knowledge work').

(2) The described principles are based on work by Womack and Jones (1996a). However, as these principles are not production specific, we perceive a successful transfer to IT organizations as feasible. This has also been shown, for example, by Lane et al. (2012) who used these principles amongst others successfully to identify Lean software development values.

(3) The mentioned tools and techniques in Figure 1 can only be seen as an indicator for the abundance of proposed tools for a Lean implementation. For example Pettersen (2009) lists more than 30 tools and Kumar Kundu and Bairi (2014) more than 50 tools. However, as the tools' main purpose is to execute principles and philosophy, there is no fixed set of tools. On the contrary, all tools which support the execution of principles and philosophy could be considered as Lean Management tools.

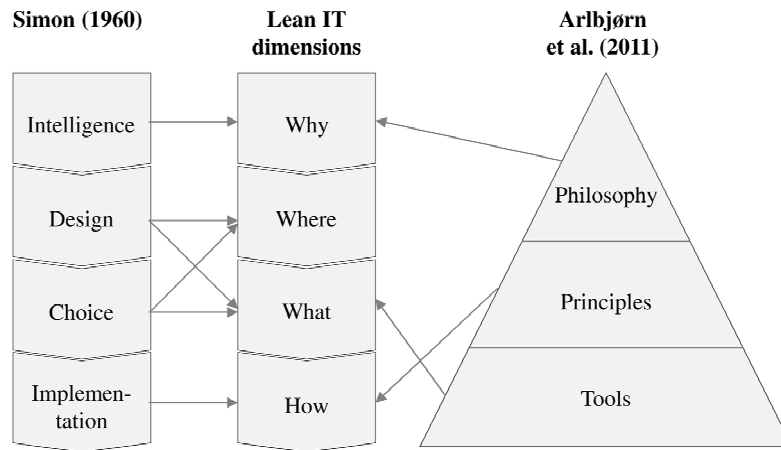


**Figure 1: Conceptualization of Lean Management in production (Arlbjørn et al. 2011, p.282)**

Philosophy, principles, and tools cannot be seen as independent from each other, as Lean Management “[...] is a true systems approach that effectively integrates people, processes, and technology—one that must be adopted as a continual, comprehensive, and coordinated effort for change and learning across the organization” (Liker and Morgan 2006, p. 5).

From a management perspective, the three dimensions described above can be a starting point for a Lean IT conceptualization. However, we are not confident that it provides enough detail to be applicable regarding management decisions. In order to test this hypothesis, we reflect the three introduced dimensions with Simon’s (1960) management decision framework. We decided to use Simon’s framework as it has been applied successfully to IS research before (Strasser and Westner 2015; Wiener et al. 2010; Dibbern et al. 2004). The idea to match Simon’s decision management stages to conceptualization dimensions was borrowed from Dibbern et al. (2004). However, as they used it for a matching in the context of IT outsourcing dimensions, an adaption regarding to a Lean IT conceptualization was necessary. Figure 2 visualizes the result. Similar to Dibbern et al. (2004), we summarize Simon’s four decision stages as (1) Intelligence; (2) Design; (3) Choice; and (4) Implementation. Adapted to the context of Lean IT, we propose the following mapping from decision stages to conceptualization dimensions. (1) Our dimension ‘Why’ is similar to Simon’s ‘Intelligence’ stage where a manager “[...] is searching the environment for conditions calling for decision” (Simon 1960, p. 40). The ‘Why’ dimension subsumes the underlying objectives for IT management to implement Lean IT and why Lean IT seems suitable to fulfill these objectives. (2+3) Our dimensions ‘Where’ and ‘What’ are similar to Simon’s ‘Design’ and ‘Choice’ stage. In ‘Design’ a manager is “[...] inventing, developing and analyzing possible courses of action” (Simon 1960, p. 41). In the ‘Choice’ stage a manager is “[...] selecting a particular course of action from those available” (ibid). The ‘Where’ dimension subsumes functions of an IT organization where Lean IT can be implemented. The ‘What’ dimension considers what tools can be implemented. We decided for this dual mapping as we focus on the case in which a Lean IT implementation has already been agreed upon and therefore the management decision is not focusing on the ‘If’ (where Simon’s decision stages could have been mapped distinctively) but on the ‘Where’ and ‘What’ (where Simon’s decision stages explain more when seen as combination).

(4) Our dimension ‘How’ is similar to Simon’s ‘Implementation’ stage which is described as “[...] *the task of carrying out decisions*” (Simon 1960, p. 43). The ‘How’ dimension subsumes for example critical implementation success factors regarding Lean IT.



**Figure 2: Conceptualization of Lean IT in four dimensions**

Although the Lean Management characterization by Arlbjørn et al. (2011) provides valuable input for our own conceptualization of Lean IT, it lacks detail regarding dimension ‘Where’ and is not IT specific. Therefore, we structure our research in the next section on our own Lean IT conceptualization with four dimensions (why, where, what, how) as Figure 2 shows.

## 4 Results

In order to detail the conceptual dimensions, we conducted interviews with three IT experts in various positions (CIO of a large multimedia company, senior expert, and project manager of an international management consultancy - profiles available upon request), who have extensive experience in IT and especially in Lean IT implementations. The interviews took 45-60 minutes each, were conducted via phone and notes were taken. The notes’ correctness was confirmed by e-mail. The content then was classified according to the framework regarding its dimensions (1) ‘Why?’; (2) ‘Where?’; and (3) ‘What?’. Regarding the dimension (4) ‘How?’ we used data from previous work (Kobus and Westner 2015b) and synthesized the results. This was deemed helpful as the previous investigations used a larger scale research setting which focused explicitly on the ‘How?’ dimension.

### 4.1 Why: Objectives to implement Lean IT

Regarding the objectives why to implement Lean IT, experts answered in different granularity. On a high level, the common objectives as best quality, lowest cost, shortest lead time, best safety, and high morale (Liker and Morgan 2006) were mainly confirmed. While we believe this confirmation is helpful in general, we doubt it helps to explain why a company should choose to implement Lean IT over other management concepts to achieve these objectives. Therefore, our discussions with the experts aimed on a more detailed perspective in order to investigate what exactly is supposed to be achieved by a Lean IT implementation. Three categories of objectives emerged: (1) Decreasing waste in organization which mostly means streamlining and aligning the process with the help of process visualization; (2) Decreasing variability in products/services which mostly means

increasing standardization, building skill profiles systematically, and creating transparency; and (3) Increasing flexibility to better match demand and supply which mainly deals with smoothing demand and managing capacity. One expert particularly emphasized, that Lean IT can be used to achieve a variety of objectives. When implemented successful, it only depends how efficiency (defined as the necessary amount of resources for a given task) gains are realized, for example by either saving these resources, i.e., lower costs, or investing these resources in new initiatives, e.g., to increase quality, decrease lead time, increase safety, or increase morale. Another expert emphasized the bottom-up focus of Lean IT thus empowering employees to change the way they work and to create skills helping to adapt the organization to changing environments.

#### 4.2 Where: Functions in which Lean IT is applied

In order to understand in which functions Lean IT can be applied, first a common understanding of an IT organization's parts is necessary. To build on established IS literature, we follow the framework of Riempp et al. (2008), which is visualized in Figure 3.

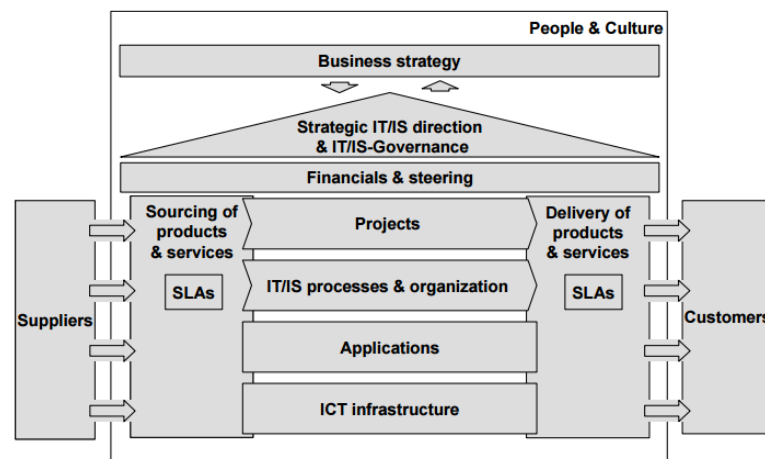


Figure 3: Reference framework for IT organization (Riempp et al. 2008).

IT organizations have three main interfaces to the surrounding business strategy with which strategic IT/IS direction and governance have to align with; suppliers from which the IT organization is sourcing products and services; and customers who order and consume the delivered IT products and services. Furthermore, to implement strategic directions it needs financial management and steering mechanisms. There are four identified fields of action and decision making for senior IT managers: projects including program management and individual project management; IT/IS process and organization management; applications including among others enterprise architecture, application integration, and application development and maintenance; and the ICT infrastructure comprising among others networks, data centers, servers, client hardware, printers, telephony. In addition, people and culture (top right of Figure 3) are strongly influencing strategic IT/IS directions. Our expert interviews showed that Lean IT is applied to all functions illustrated in Figure 3. However, on a more detailed level regarding the tasks being conducted in respective functions experts had heterogeneous views. While all experts coincided that Lean IT can be applied to repetitive tasks (for example IT helpdesks) or tasks profiting from standardization (for example in software development), unstructured and dynamic tasks (for example in software requirement analyses or IT architecture design) were seen nuanced. While one expert argued that Lean IT is not particularly helpful as most tools cannot be applied, others argued that it is especially

helpful to implement Lean IT in this situation as it helps to create transparency and provides structure for previously non-transparent and unstructured tasks.

### 4.3 What: Tools comprised by Lean IT

The following list of tools mentioned by the experts can be seen as non-exhaustive, as tools only constitute the execution level and serve to fulfill philosophy and principles. Therefore, any tool doing so could be considered as potentially belonging to the tool set of Lean IT. However, even if potentially incomplete, we believe the list offers a good starting point to understand what Lean IT actually could comprise. We divided the tools into three categories according to its main objective similar to objectives from section 4.1: (1) Decreasing waste; (2) Decreasing variability; and (3) Increasing flexibility.

(1) We identified five tools with the main purpose of decreasing waste: (a) Daily team meeting (also known as whiteboard meeting or stand-up meeting): The daily team meeting is a short team discussion (up to 15 minutes) between the team lead and employees. It combines various other tools in a short progress discussion with the help of visual overviews on performance indicators, team morale, achieved work packages. It aligns workload and distributes capacity of team members. (b) Weekly team meeting: In the weekly team meeting there is room for discussion and review of bigger issues. In contrast to the rather update focused daily team meetings they are longer and tend to find a solution to general problems. Therefore, the duration is usually longer than in daily team meetings (up to 60 minutes). (c) Performance dialogues: In the (bi-)weekly performance meetings managers' report their progress to their direct respective manager cascading up to the program sponsor. (d) Problem solving: Problem solving sessions are used to identify root causes of detected problems and decide on how to resolve them with the help of (e.g., Fishbone diagram or 5 Whys). (e) Value stream mapping: Value stream mapping is used to understand the current process flow and helps to improve it.

(2) We identified five tools with the main purpose of decreasing variability: (a) Standard operating procedures (SOPs): SOPs are used as description in order to execute a process step efficiently and always conform to the best-known method (which should be identical with the standard description). (b) 'Sit-ins': A 'sit-in' describes a meeting of an employee and a more experienced peer or manager in which latter observe the employee if daily work is conducted according to the standard operating procedure. In case there is variance, the employee gets either help to overcome his shortcomings (in case variance is worse than current standard) or the SOP is rewritten (in case variance is better than current standard). (c) Key performance indicators (KPIs) and dashboards: In order to have a good overview and progress measurement, KPIs and a visual representation of them are used. KPIs can be used also in daily team meetings and in performance dialogues. (d) Coaching: Institutionalized coaching sessions to coach direct reports. (e) Skill-Matrix: A skill matrix is used to systematically manage necessary skill shifts within a group (e.g. by identifying skill gaps or creating development paths for employees).

(3) We identified three tools with the main purpose of increasing flexibility: (a) Capacity management: Capacity management is a tool to rebalance the workload for respective team members based on their qualification, current workload, standard time for a task and amount of tasks within this type. (b) Demand smoothing: Demand smoothing investigates the pattern (time and amount) of incoming task and tries to influence it in a way that it can be worked most efficiently. (c) Activity implementation plan (AIP): The AIP is used to create transparency on a group workload, shows deadlines and provides consistent progress report on existing activities.



#### 4.4 How: Implementation success factors for Lean IT

The ‘how’ dimension deals with the implementation of Lean IT. In a structured investigation on success factors of the implementation of Lean Management, Kobus and Westner (2015b) already provided an initial framework for reference. The derived success factors were classified into three categories (1) Mindset and behavior, including the success factors of leadership involvement, change culture & work ethic, employee involvement and clear vision and direction with long term focus; (2) Organization and skills, including the success factors of training and education, existing skills, organizational changes/ standardization, financial resources; and (3) process facilitation and performance, including the success factors of performance management, holistic approach, communication and implementation facilitation. While all of the identified categories, success factors seem reasonable– the list is only able to provide a guideline for a successful Lean IT implementation. Further research is necessary to validate the proposed list empirically.

#### 4.5 Definition of Lean IT

By synthesizing all information in this paper, we propose the following initial definition for Lean IT: *Lean IT is a holistic management system based on philosophy, principles, and tools\*. Its aim is to systematically manage continuous improvement\* by reducing waste\*\* and variability\*\* as well as enhancing value\* and flexibility\*\* in all functions of an IT organization\*\*\*.*

We marked the origins of respective definition parts with star(s) ‘\*’, while \* refers to section 3, \*\* refers to section 4.1 and 4.3, \*\*\* refers to section 4.2.

### 5 Validation of Lean IT conceptualization and definition

In order to validate proposed conceptualization and definition of Lean IT, we classified the 11 literature items deemed to be of higher relevance regarding Lean IT (Kobus and Westner 2015a). For this, we used the four proposed dimensions and investigated if the proposed definitions subsumed the core of the respective item.

The results of Table 1 indicate that our proposed conceptualization and definition can be used to categorize Lean IT related literature items exhaustively. This way it provides a base for future research classification. However, it is necessary to evaluate the conceptualization and definition again once the number of Lean IT related research items increased.

Literature item	Conceptualization dimension				Subsumed by definition
	Why	Where	What	How	
Durrani, Pita, Richardson, & Lenarcic, 2014		x	x		x
Haley, 2014	x	x	x	x	x
Kumar Kundu & Bairi, 2014	x	x	x		x
Pass & Ronen B., 2014		x	x	x	x
Pernstål, Feldt, & Gorschek, 2013	x	x	x	x	x
Turner & Lane, 2013	x	x	x	x	x
Kundu & Murali Manohar, 2012		x		x	x
Lane et al., 2012	x	x	x		x
Vartiainen & Siponen, 2012		x			
Benefield, 2009	x	x	x		x
Hicks, 2007	x	x	x		x

**Table 1: Proposed conceptualization and definition applied to literature items**

## 6 Discussion

In order to provide a first conceptualization and definition for Lean IT, the study at hand took existing production and management research concepts and transferred them to IT organizations empirically backed by interviews with Lean IT experts.

However, so far it did not discuss how Lean IT relates to common IT service management frameworks, for example ITIL. In order to strive for conceptual clarity, a classification is needed. Service management frameworks deal with the question of ‘which’ type of processes should exist in a state-of-the-art IT organizations. Yet, a service management framework usually only “[...] consists of a set of guidelines that specify what an IT organization should do based on industry best practices. It does not, however, define how to do it” (Pillai et al. 2014, p. 485). Lean IT fills this gap by providing the philosophy, principles, and toolset to understand the ‘how’ in more detail (Kobus and Westner 2015a). Therefore, from a Lean IT perspective processes and organizational structure proposed by service management frameworks might be considered as an intended future state within continuous improvement efforts.

Lean IT principles are also being used in so-called agile software development. However, lean software development is seen as providing additional elements of flow and overarching (end-to-end) focus in a specific area of an IT organization (Petersen 2011). More detailed - especially regarding Scrum - Lean IT is described as: “[...] a framework to further optimize the interplay of Scrum’s roles, artifacts, and events” (Starr 2012) which helps “[...] smoothing the flow of work throughout the Sprint and reducing waste of the overall value stream” (ibid).

The study at hand faces three main limitations: (1) The selection of used frameworks (Arlbjørn et al. 2011; Simon 1960), as we cannot exclude the possibility that other frameworks could have been served the purpose of the study better. (2) Furthermore, the number of interviewed experts does not allow for broad generalization of results. (3) Regarding the dimension ‘Where?’ more research is necessary to understand the suitability of Lean IT regarding different types of IT tasks better. Therefore, while we believe in the robustness of the used approach, additional investigations might be able to refine and extend the provided conceptualization and definition of Lean IT. Future work would profit from investigations focusing on more interviewees or empirical research focusing on various companies regarding Lean IT’s every dimension (‘why’, ‘where’, ‘what’, and ‘how’). In addition, further work regarding the relation of Lean IT to other management concepts as for example Six Sigma or Total Quality Management seems beneficiary.

## 7 References

- Arlbjørn JS, Freytag PV, de Haas H (2011) Service supply chain management: A survey of lean application in the municipal sector. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management* 41(3):277–295. doi: 10.1108/09600031111123796
- Arlbjørn JS, Freytag PV (2013) Evidence of lean: A review of international peer-reviewed journal articles. *European Business Review* 25(2):174–205. doi: 10.1108/09555341311302675
- Benefield R (2009) Agile deployment: Lean service management and deployment strategies for the SaaS enterprise. HICSS 2009 proceedings.
- Bloomberg (2014) Toyota beats GM in 2013 as 10 million vehicles seen. Access date: 04.09.2014. <http://www.bloomberg.com/news/2014-01-23/toyota-beats-gm-vw-in-2013-car-sales-sees-3-growth-this-year.html>. Accessed 4 September 2014

- Browning TR, Sanders NR (2012) Can innovation be lean? *California Management Review* 54(4):5–19
- Dibbern J, Goles T, Hirschheim R, Jayatilaka B (2004) Information systems outsourcing. *SIGMIS Database* 35(4):6–102. doi: 10.1145/1035233.1035236
- Downes L, Nunes PF (2013) Big-bang disruption. *Harvard Business Review* 91(3):44–56
- Durrani U, Pita Z, Richardson J, Lenarcic J (2014) An empirical study of lean and agile influences in software configuration management. *PACIS 2014 proceedings*. Paper 320.
- Haley M (2014) Information technology and the quality improvement in defense industries. *The TQM Journal* 26(4):348–359
- Hicks BJ (2007) Lean information management: understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management* 27(4):233–249
- Holweg M (2007) The genealogy of lean production. *Special Issue Evolution of the Field of Operations Management SI/ Special Issue Organisation Theory and Supply Chain Management* 25(2):420–437. doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001
- Kobus J, Westner M (2015a) Lean management of IT organizations: A literature review. *PACIS 2015 proceedings*.
- Kobus J, Westner M (2015b) Lean management of IT organizations: Implementation success factors and theoretical foundation. *AMCIS 2015 proceedings*.
- Kumar Kundu G, Bairi J (2014) A scale for measuring the applicability of lean practices in IT support services. *Journal of Enterprise Information Management* 27(5):623–643. doi: 10.1108/JEIM-02-2013-0005
- Kundu GK, Murali Manohar B (2012) A unified model for implementing lean and CMMI for services (CMMI-SVC v1.3) best practices. *Asian Journal on Quality* 13(2):138–162. doi: 10.1108/15982681211265463
- Lane M, Fitzgerald B, Ågerfalk P (2012) Identifying lean software development values. *ECIS 2012 proceedings*. Paper 15.
- Liker JK, Morgan JM (2006) The Toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives* 20(2):5–20
- Luftman J, Derksen B (2012) Key issues for IT executives 2012: Doing more with less. *MIS Quarterly Executive* 11(4):207–218
- Meredith J (1993) Theory building through conceptual methods. *International Journal of Operations & Production Management* 13(5):3–11
- Müller A, Schröder H, Thienen Lv (2011) Lean IT-Management: Was die IT aus Produktionssystemen lernen kann. Gabler, Wiesbaden
- Pass S, Ronen B (2014) Reducing the software value gap. *Communications of the ACM* 57(5):80–87
- Pay R (2008) Everybody's jumping on the Lean bandwagon, but many are being taken for a ride. Access date: 20.07.2015. [http://www.industryweek.com/articles/everybodys\\_jumping\\_on\\_the\\_lean\\_bandwagon\\_but\\_many\\_are\\_being\\_taken\\_for\\_a\\_ride\\_15881.aspx](http://www.industryweek.com/articles/everybodys_jumping_on_the_lean_bandwagon_but_many_are_being_taken_for_a_ride_15881.aspx)
- Pernstål J, Feldt R, Gorschek T (2013) The lean gap: A review of lean approaches to large-scale software systems development. *Journal of Systems and Software* 86(11):2797–2821. doi: 10.1016/j.jss.2013.06.035
- Petersen K (2011) Is Lean Agile and Agile Lean? In: Dogru AH, Bicar V (eds) *Modern software engineering concepts and practices: Advanced approaches*. Information Science Reference, Hershey, PA, pp 19–46

- Pettersen J (2009) Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal* 21(2):127–142. doi: 10.1108/17542730910938137
- Pillai A, Pundir AK, Ganapathy L (2014) Improving information technology infrastructure library service delivery using an integrated lean six sigma framework: A case study in a software application support scenario. *JSEA* 07(06):483–497. doi: 10.4236/jsea.2014.76045
- Riemp G, Mueller B, Ahlemann F (2008) Towards a framework to structure and assess strategic IT/IS management. *ECIS 2008 proceedings*. Paper 53.
- Rinehart JW, Huxley CV, Robertson D (1997) *Just another car factory?: Lean production and its discontents*. Cornell University Press, Ithaca, NY
- Shah R, Ward PT (2007) Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management* 25(4):785–805. doi: 10.1016/j.jom.2007.01.019
- Simon HA (1960) *The new science of management decision*. Harper & Brothers, New York, NY
- Staats BR, Brunner DJ, Upton DM (2011) Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management* 29(5):376–390
- Starr D (2012) *The Lean of Scrum*. Access date: 25.07.2015. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj161049.aspx>
- Strasser A, Westner M (2015) Information systems offshoring. *Journal of Information Technology Management* 26(2):70–142
- Teece DJ, Pisano G, Shuen A (1997) Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal* 18(7):509–533
- Teece DJ (2007) Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal* 28(13):1319–1350. doi: 10.1002/smj.640
- Turner R, Lane JA (2013) Goal-Question-Kanban: Applying lean concepts to coordinate multi-level systems engineering in large enterprises. *Procedia Computer Science* 16(0):512–521. doi: 10.1016/j.procs.2013.01.054
- Vartiainen T, Siponen M (2012) What makes information system developers produce defective information systems for their clients? *PACIS 2012 proceedings*. Paper 107.
- Wiener M, Vogel B, Amberg M (2010) Information Systems Offshoring. *Communications of the AIS* 27(1):455–492
- Womack JP, Jones DT (1996a) *Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection*. Harvard Business Review 74(5):140–158
- Womack JP, Jones DT (1996b) *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, New York, NY

# **Start Social – IT Outsourcing as a Key Factor for IT Innovations**

**Henning Kruep<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Georg-August-University Goettingen, Chair of Information Management,  
hkruep@uni-goettingen.de

## **Abstract**

The role of IT innovation has become more of a focus in the past decade. Traditional industries are undergoing a shift in their innovation strategies. For example, automotive manufactures like Volkswagen are calling for collaboration with IT firms such as Apple and Google to face the challenge of new innovation in their core businesses. IT managers must therefore prepare their employees for this new role. In fast changing areas such as IT, external partners can play a particularly important role by delivering information and resources. Therefore, managers should enter into strategic alliances with innovation-outsourcing partners and build upon interfirm networks. This paper applies the Social Cognitive Theory to determine the importance of social interactions between outsourcing partners and internal IT departments. An empirical analysis is provided to evaluate the research model. The results indicate that social interactions, shared vision, reciprocity, and trust play key roles in the innovation process in interfirm networks.

## **1 Introduction**

The role of IT in non-IT firms has changed in the past decade. While IT was formerly just a supporting unit for everyday work, it is now one of the main drivers within the innovation process. Even traditional industries, such as toy manufacturers or the automobile industry, are being challenged to embed new digital technologies into their products (Nambisan 2013), thereby raising the value of their core products. Martin Winterkorn, CEO of Volkswagen AG, calls for cooperation with Apple and Google as partners in the innovation process. To achieve such collaboration, however, it is necessary to prepare the internal IT department for the challenge of interfirm networking.

While the field of IT and firm performance has been widely examined, there is a lack of research in the area of IT and firm innovation performance (Han and Ravichandran 2006; Pavlou and El Sawy 2006). Why are some firms more innovative than others? What are the differences among them? In this paper an innovation is defined as a new or improved version of a product (e.g., hybrid car), service (e.g., entertainment system in a car), process (e.g., shorter delivery times through IT integration with suppliers), or business model (e.g., car-sharing services) within the core business of a non-IT firm. The focus of this paper lies on the relationship between employees of the in-house

IT and those of the outsourcing partners. Would it make a difference if they had closer connections to each other? This paper addresses the following question:

*How important are social interactions between internal IT employees and the outsourcing partners in the process of internal innovation?*

Information technology outsourcing is one of the most common business strategies today. This strategy promises cost savings, more flexibility, and improvements in service levels (Belcourt 2006; Dube and Kaplan 2010). Unlike in past years, research now distinguishes between two types of outsourcing: low-cost-oriented outsourcing for reasons such as those mentioned above and innovation-oriented outsourcing (Bengtsson et al. 2009). As the challenge for today's businesses is to innovate, Breunig and Bakhtiari (2015) find that the likelihood for innovations in a firm in the following years is 5% higher if firms innovate and outsource rather than focusing on innovation alone. To take advantage of this new chance for innovations, IT departments must open their innovation channels and get in touch with their outsourcing partners (Yoo et al. 2012).

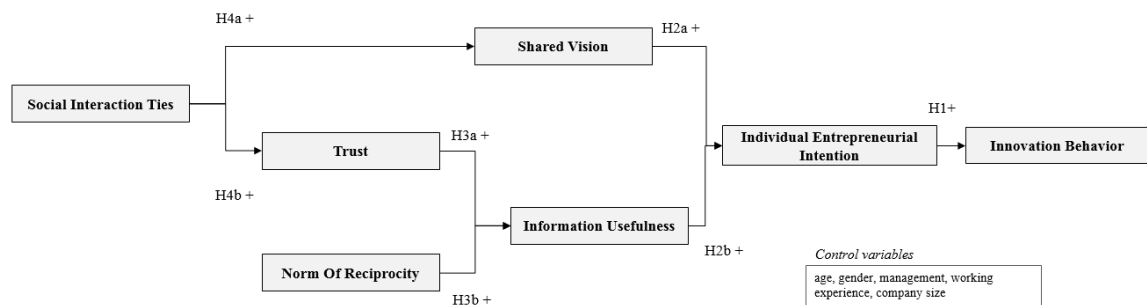
This new challenge also brings new problems to department leaders. IT managers find themselves in a dilemma: they must open up and collaborate with external partners while also protecting themselves from espionage, as collaboration partners are often also competitors (Henningsson and Hedman 2014). Hanelt and Kruep (2015) find that managers "[...] should support openness to gather external knowledge from various sources" to prepare the IT unit for future challenges. Their findings reveal that the ability to absorb and apply new knowledge, represented by the absorptive capacity, is a key factor to innovate with the support of people from their environment. This paper will focus on various factors that are important for innovating with the help of outsourcing partners. Furthermore, it sets up a framework to evaluate the influence of social interaction combined with a shared vision on the innovation processes.

The following section develops the research model and hypotheses.

## **2 Hypothesis Development**

While prior research suggests that customers play a key role within the innovation process (Prahalad and Krishnan 2008; Sawhney, Verona, and Prandelli 2005) this paper focuses on the role of interactions between the employees of IT departments and the employees of outsourcing partners. The influence of these social interactions on the innovation behavior of firms' individuals will be examined, as following Lane et al. (2006), the value of knowledge is created by individuals.

In this paper an IT-based innovation is defined as a combination of business capabilities combined with software and/or hardware to optimize or create a new process, service, or product within the core business of the firm (Mahnke et al. 2006)



**Figure 1: Research Model**

The focus of this study is to evaluate the impact of knowledge transfer and collaboration between IT outsourcing partners and employees of in-house IT departments in non-IT firms on the innovation behavior of each member of the department. It will provide insights into the innovation process and the role of external partners, thereby adding knowledge to the area of interfirm innovation. The field of innovation lacks information on the role of individuals in this process (West and Bogers 2014).

Innovation behavior describes the extent to which an employee is part of a company's innovation process. Following Ajzen (1991), individual entrepreneurial intention is one of the influencing factors of innovation behavior, besides the perception of the available opportunities and resources. Therefore I propose a first hypothesis:

*H1: If the individual entrepreneurial intention of an employee is higher, then innovation behavior will be higher.*

### Social Cognitive Theory

Social cognitive theory reveals that social networks and the cognition of a person shape a person's behavior. People who are connected in strong community and social interaction ties have the best conditions to exchange information and knowledge with other people in their network (Snowden 1998; Yli-Renko et al. 2001). The suitable exchange of information is particularly important for IT departments. While product innovation in the IT sector is becoming very fast, one of the main tasks for companies is to be innovative in order to remain competitive on the market (Laursen and Salter 2006; Davey et al. 2010). Value creation in traditional industries depends on the exchange and combination of resources (Ghoshal and Moran 1996); this idea can be transferred to the innovation process. Tsai and Ghoshal (1998) find that a greater exchange and combination of resources in intrafirm networks leads to improved product innovation performance. The shared vision represents the aspiration and collective goals (Tsai and Ghoshal 1998) of the IT-outsourcing partner's co-workers and employees from the firm's internal IT department. Shared vision is found to be an important part in the process of sharing and exchanging resources because the alignment of goals and interests makes it easier to see the potential for innovation. Thus, I suggest the following:

*H2a: Outsourcing partners and internal employees sharing the same vision positively influences the employees' individual entrepreneurial intention.*

As this study focuses on the innovation of IT departments, one of the most important resources is information. Common constructs such as absorptive capacity have been validated as important factors in the learning process of IT departments in the process of innovation (Hanelt and Kruep 2015). This study used information usefulness as the criterion for a good exchange of information

between the internal IT and external partners. For employees in the innovation process, especially in a fast-changing sector like IT, it is important to obtain knowledge in the right way. Hence I propose the following:

*H2b: If the quality of information delivered by the outsourcing partners is high, it will positively influence the individual entrepreneurial intention of the employees.*

Trust plays a key role in the interaction with interfirm networks, particularly in the case of information exchange within the innovation process. Both firms as well as individuals that open up and share secret information must trust that their partners will not use the information for self-interest. Trust can be seen as an antecedent to cooperation (Gulati 1995; Ring and Van der Ven 1994). Therefore, if both partners start a trustful cooperation, the quality of information exchange will increase because no one needs to withhold information or transmit false information. Hence, I state the following hypothesis:

*H3a: If people have a trustful relationship, the usefulness and quality of information exchanged will be better than if there is no trust.*

Another important factor in relationships is reciprocity. Bock et al. (2005) find that the attitude to share knowledge is positively related to the reciprocity within a relationship. Furthermore, social cognitive theory (Bandura 1989) maintains that reciprocity is important for a good information exchange, explaining that information sharing should be a process of give and take – IT departments must open up and start interacting with their partners. Hence, I propose the following:

*H3b: A higher degree of reciprocity positively influences information exchange and thereby the usefulness of information.*

In the field of social interaction, prior research has shown that individuals interacting over a long period of time and having strong ties experience a stimulation of trust between each other (Gulati 1995). If people start getting to know each other they will develop a concrete relationship and perceive their counterpart as trustworthy (Gabarro 1978). Social interactions help to increase trust in the partner and to reach a common understanding of goals and expectations, represented in this model by the shared vision. Transferred to the situation between employees and outsourcing partners, this means that a higher amount of social interaction alongside their work leads to improved knowledge transfer. Therefore I suggest the following two hypotheses:

*H4a: The higher the amount of social interaction with the outsourcing partner, the better the common understanding of goals and expectations (shared vision) will be.*

*H4b: Social interaction ties will help generate a trustful collaboration.*

### 3 Research Design and Method

#### 3.1 Data-Collection Procedure and Sample

The research model was tested using an online survey started in February 2014. The survey was conducted in both German and English with non-IT firms in Germany and the UK. Conceptual consistency was guaranteed by having an initial translator translate the English version of the survey to German and then an independent translator translating it back to English. Collaboration with a panel provider ensured a representative sample. The first sample consisted of 526 participants from employees in IT departments of non-IT firms. Though 372 participants (71%) answered the



questionnaire completely, 18 of these had to be removed because of implausibly short handling times. The demographic of the sample is shown in Table 1.

Total Sample	<i>n</i> = 354	Percentage	Total Sample	<i>n</i> = 354	Percentage
<b>Gender</b>			<b>Working Experience</b>		
Male	245	69%	< 2 years	20	6%
Female	109	31%	3–5 years	53	15%
<b>Age</b>			6–10 years	94	27%
19–25	43	12.1%	11–15 years	63	18%
26–35	153	43.2%	16–20 years	46	13%
36–45	88	24.9%	> 20 years	78	22%
46–55	50	14.1%	<b>Company Size</b>		
56–65	19	5.4%	< 50	42	12%
66 and over	1	0.3%	50–99	39	11%
<b>Management Experience</b>			100–499	86	24%
Yes	310	88%	500–999	75	21%
No	44	12%	1.000–2.499	46	13%
			2.500–9.999	33	9%
			>10.000	33	9%

**Table 1: Sample Demographics**

### 3.2 Measurement of Constructs

The constructs were measured using standard psychometric scale-development procedures. Each item was assessed on a seven-point Likert scale with the anchors “strongly disagree” (1) and “strongly agree” (7). As all items used were evaluated by prior research, they only needed to be adapted to the context of this study.

The scales were evaluated based on the feedback from interviews of practitioners and scholars in the area of IT innovation. To achieve face and content validity of the scales (Hardesty and Bearden 2004; Moore and Benbasat 1991), some items were reworded. The final items and the psychometric properties can be found in Table 2. To ensure the correct study design as well as to refine and evaluate the reflective measures, the study was then evaluating using two pilot studies (*n* = 23). The second study suggests that reliability for a larger study could be ensured (Brown and Venkatesh 2005).

Construct (Source)	Items	Factor Loading
<b>Individual entrepreneurial intention</b> (de Jong 2011)	If I identify a new business opportunity, I would promote and champion my idea to co-workers and superiors.	.787***
	If I had an idea for innovations, I would try to assess its long-term opportunities and threats for the company.	.834***
	I have always wanted to implement innovations by myself.	.774***
	If I had the opportunity, I would like to develop a product or service on my own (or in a team).	.641***
	I intend to develop innovative ideas in the company's core business and implement them within the company in the future.	.813***
	I think that in the future I will develop innovative ideas in the company's core business and implement them within the company more often.	.846***

<b>Information usefulness</b> (adapted from Lane and Lubatkin, 1998; Szulanski 1995, 1996)	The new knowledge transferred from our IT service provider contributed a great deal to multiple projects.	.883***
	Our organization was very satisfied with the quality of the knowledge that our IT service provider provided.	.865***
	Our organization dramatically increased the perception about the efficacy of the knowledge after gaining experience with it.	.887***
	The transfer of knowledge from the IT service provider greatly helped our company in terms of actually improving our organizational capabilities	.852***
<b>Innovation Behavior</b> (Amo and Kolvereid 2005)	To which extent do you contribute to new product development in the organization where you are employed?	.841***
	To which extent do you contribute to the development of new product-market combinations in the organization where you are employed?	.887***
	To which extent do you contribute to development projects in the organization where you are employed?	.827***
	To which extent do you contribute to the development of new venture ideas in the organization where you are employed?	.881***
	To which extent do you contribute to the development of new markets for the organization where you are employed?	.837***
<b>Norm of reciprocity</b> (adapted from Chen and Hung 2010)	I know that co-workers of the IT-service provider will help me, so it's obligated and fair to help other members in this virtual community	.874***
	When I share knowledge to co-workers of the IT- service provider, I believe that the members in this virtual community would help me if I need it.	.883***
	When I share knowledge to co-workers of the IT-service provider, I believe that my queries for knowledge will be answered in future in this virtual community.	.883***
<b>Relational trust</b> (adapted from Chen and Hung 2010)	My relationship with co-workers of the IT-service provider are based on reciprocal faith and trustworthiness.	.862***
	Co-workers of the IT-service provider will not take advantage of others even when the profitable opportunity arises.	.861***
	Co-workers of the IT-service provider try hard to be fair in dealing with each other.	.864***
<b>Shared Vision</b> (Chiu 2006)	Co-workers of the IT-service provider share the vision of helping others solve their professional problems.	.910***
	Co-workers of the IT-service provider share the same goal of learning from each other.	.904***
	Co-workers of the IT-service provider share the same value that helping others is pleasant.	.901***
<b>Social interaction ties</b> (Chiu 2006)	I maintain close social relationships with some co-workers of the IT-service provider.	.803***
	I spend a lot of time interacting with some co-workers of the IT-service provider.	.876***
	I know some co-workers of the IT-service provider on a personal level.	.884***
	I have frequent communication with some co-workers of the IT-service provider.	.873***
Note: * $p < .05$ ; ** $p < .01$ ; *** $p < .001$ ;		

Table 2: Scale

## 4 Analysis and Results

### 4.1 Assessment of Measurement Model

In the first step, a confirmatory factor analysis was conducted to preclude the possibility of cross loadings. The analysis revealed that all items do not load on any corresponding construct as significantly high as on their corresponding constructs. This indicates that construct and indicator reliability are valid. The average variance extracted (AVE) of each construct was examined, confirming that the AVE of each construct is much higher than the recommended threshold of 0.50

by Bhattacharjee and Premkumar (2004). Following the guidelines of Gefen and Straub (2005), reliability and validity tests were conducted to evaluate the reflective variables.

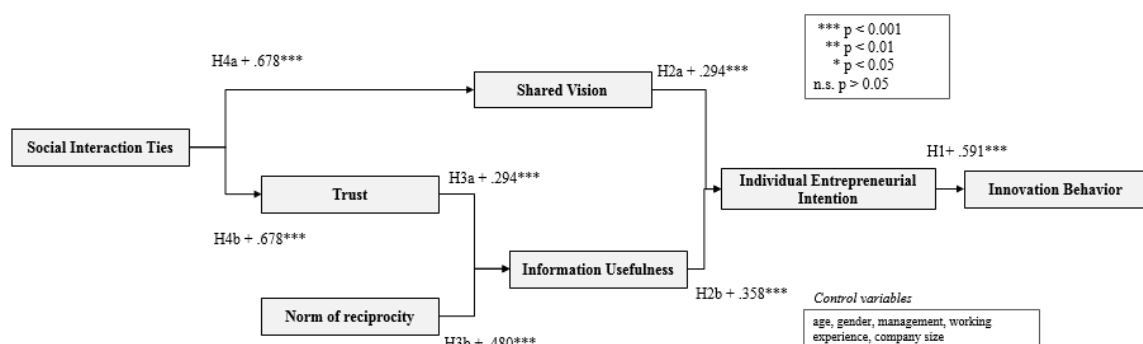
Table 2 shows that none of the reflective items loaded below the cutoff value of .50. All of the items load on the underlying construct much higher than the recommended threshold of .707 (Chin 1998). Gefen and Straub (2005) recommended a threshold of .70 for the composite reliability (CR); all items score higher. Finally, the Fornell and Larcker (1981) criterion was applied, allowing discriminant validity to be established, as the squared correlations between any two constructs are lower than the corresponding AVEs.

Construct	Range	Mean (STD)	CR	AVE	CA	INB	IEI	USE	SVE	RET	NOR	SIT
<b>INB</b>	1–7	5.16 (1.24)	.93	.73	.91	<b>.92</b>						
<b>IEI</b>	1–7	5.33 (1.21)	.91	.62	.87	.59	<b>.85</b>					
<b>USE</b>	1–7	5.22 (1.15)	.93	.76	.89	.57	.58	<b>.87</b>				
<b>SVE</b>	1–7	5.27 (1.16)	.93	.82	.89	.56	.57	.77	<b>.88</b>			
<b>RET</b>	1–7	5.23 (1.11)	.90	.74	.83	.54	.51	.73	.74	<b>.86</b>		
<b>NOR</b>	1–7	5.32 (1.15)	.91	.77	.85	.55	.53	.76	.81	.79	<b>.88</b>	
<b>SIT</b>	1–7	5.12 (1.22)	.92	.74	.88	.60	.49	.62	.68	.68	.69	<b>.86</b>

Note: STD: standard deviation; CR: composite reliability; AVE: average variance extracted; CA: Cronbach's alpha; INB = innovation behavior; IEI = individual entrepreneurial intention; USE = information usefulness; SVE = shared vision; RET = relational trust; NOR = norm of reciprocity; SIT = social interaction ties; bold diagonal elements represent the square root of AVE.

**Table 3: Construct Correlations**

## 4.2 Testing the Structural Model



**Figure 2: Results**

The research model was validated using structural equation modeling (PLS). By applying a bootstrapping with 3,000 samples and 354 cases, the significance of the path coefficients was calculated. Figure 2 reveals that the hypothesized positive direct effect of individual entrepreneurial intention on innovation behavior (H1) is supported. Support was also found for the positive effects of shared vision and information usefulness on individual entrepreneurial intention (H2a, H2b). Furthermore, this study validates the positive influence of relational trust and norm of reciprocity

on information usefulness (H3a, H3b) and the role of social interaction ties as a predecessor to shared vision and trust (H4a, H4b)

The statistically significant influence of individual entrepreneurial intention on innovation behavior (H1) was confirmed ( $\beta = .591$ ,  $p > .001$ ). Hence, if an employee has a higher amount of individual entrepreneurial intention, it will lead to greater innovation behavior.

The study supports H2a ( $\beta = .294$ ,  $p > .001$ ) as well as H2b ( $\beta = .358$ ,  $p > .001$ ), the positive influences of shared vision and information usefulness on individual entrepreneurial intention. This implies that shared vision and more useful information lead to a higher amount of individual entrepreneurial intention and thereby greater innovation behavior.

Based on the model estimations, hypotheses H3a ( $\beta = .350$ ,  $p > .001$ ) and H3c ( $\beta = .480$ ,  $p > .001$ ) were confirmed. Hence, both the relational trust as well as the norm of reciprocity positively influence the usefulness of information.

Support was also found for H4a ( $\beta = .678$ ,  $p > .001$ ) and H4b ( $\beta = .678$ ,  $p > .001$ ), indicating that better social interaction supports the establishment of a shared vision and a trustful relationship.

Common method bias was excluded using the recommended tests, as the independent and dependent variables are from the same questionnaires. The marker variable test (Lindell and Whitney 2001) and the Harman's single-factor test (Podsakoff et al. 2003) reveal that there is no indication for common method bias.

## 5 Discussion and Implications

The changing role of IT is forcing non-IT companies to rethink the role of their IT departments, even in traditional industries with their expanding technological implementation. IT departments are transforming from mere supporting units towards being a source of innovation. IT features are being used increasingly to add value to products. The role of outsourcing partners is also changing. While prior outsourcing relationships were intended to lead to lower costs, more flexibility, or improved quality, companies now are progressively converting their relationships to innovation-oriented outsourcing (Bengtsson et al. 2009).

To evaluate whether a higher degree of social interaction with these outsourcing partners has an influence on the innovation behavior of each member of the internal IT department, a study was conducted with 354 employees in IT departments of non-IT firms. The findings reveal that a higher degree of social interaction between the partners is an important starting point in the process of innovation. Due to the closer ties between the employees and the partner, each member of the relationship experiences a stimulation of trust (Gulati 1995). They get to know each other and thereby start to believe that no member of the relationship would use information for their own advantage and for the disadvantage of the other partner. The results indicate that a close connection also helps to generate a common understanding of goals and expectations. Both factors are important for creating a climate of trust to share information and resources (Gulati 1995; Ring and Van der Ven 1994). The study also reveals that the quality and usefulness of information is higher if both the reciprocity and trust between outsourcing partners and internal IT are high. The higher quality and the common understanding of goals lead to a greater individual entrepreneurial intention and thereby a higher amount of innovation behavior.

This study has also some implications for practitioners. IT managers concerned with the role of innovators must overcome the fear of being open to external partners. If IT departments are to work innovatively, especially in collaboration with external partners, managers should support social interaction with the external partner. Managers must build a trustworthy relationship with their partners and implement reciprocal information exchange. If managers open up, external partners could be a source of innovation and thus valuable partners in the internal innovation process.

While this study provides new insights into the field of innovation within interfirm partnerships, it has some limitations that must be mentioned. First, as the survey was conducted in Germany and the UK – both Western countries – generalization is impossible because different cultures may influence the results of the study. Therefore, further research should extend the generalizability by testing the model in different regions. Furthermore, the sample is dominated by a large proportion of participants in the age range of 26 to 45. While this is not surprising, it may influence the study's results, which support the hypothesis that social interaction is an important factor in the process of innovation. Moreover, to minimize the complexity of this model, not all constructs of social cognitive theory were integrated, e.g., self-efficacy. I call upon other researchers to extend this model to provide further insights into the field of social interactions in IT interfirm networks. Other network partners, e.g., clients, should be considered in a next step. Further research should help to understand how managers could support social interaction between their employees and external partners. How could this relationship be positively influenced? What motivates employees to interact with external partners?

## 6 Conclusion

The future of businesses is becoming more and more linked to the innovation outcomes of their IT departments. Not only IT firms but also increasingly non-IT firms, like the automotive industry, must encourage the innovation and entrepreneurial capabilities of their IT departments in order to face the challenge of evolving markets. This study shows that managers should not only allow but also foster the social interaction of their employees with outsourcing partners to afford trustful relationships and thereby good information exchange. A good openness strategy is a key factor in the upcoming challenges within the innovation process.

## 7 References

- Ajzen I (1991) The theory of planned behavior. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2), 179-211.
- Åmo B W, Kolvereid L (2005) Organizational strategy, individual personality and innovation behavior. In: *Journal of Enterprising Culture*, 13(01), 7-19.
- Bandura A (1989) Social Cognitive Theory. In: R. Vasta (Ed.), *Annals of Child Development*, Jai Press LTD, Greenwich, CT, pp. 1 – 60.
- Belcourt M (2006) Outsourcing — the benefits and the risks. In: *Human Resource Management Review*, 16(2), 269 – 279.
- Bengtsson, L, Von Haartman R, Dabhilkar M (2009) Low-cost versus innovation: contrasting outsourcing and integration strategies in manufacturing. In: *Creativity and Innovation Management*, 18(1), 35-47.

- Bhattacharjee A, Premkumar G (2004) Understanding changes in belief and attitude toward information technology usage: A theoretical model and longitudinal test. In: *MIS quarterly* 229-254.
- Bock G W Zmud, R W Kim, Y G, Lee J N (2005) Behavioral intention formation in knowledge sharing: Examining the roles of extrinsic motivators, social-psychological forces, and organizational climate. In: *MIS quarterly*, 87-111.
- Breunig R V, Bakhtiari S (2015) Productivity, outsourcing and exit: the case of Australian manufacturing. In: *Small Business Economics*, Springer, vol. 44(2), pages 425-447.
- Brown SA Venkatesh V (2005) Model of adoption of technology in households: A baseline model test and extension incorporating household life cycle. In: *MIS Quarterly* (29:3), pp. 399-426.
- Chen C, Hung S (2010). To give or to receive? Factors influencing members' knowledge sharing and community promotion in professional virtual communities. In: *Information & Management* 47 (2010) 226–236
- Chin W W (1998) The partial least squares approach for structural equation modeling. In: *Modern Methods for Business Research*, G.A. Marcoulides (Hrsg.). Mahwah, New York: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, pp. 295-336.
- Chiu C M, Hsu M H, Wang E T (2006) Understanding knowledge sharing in virtual communities: An integration of social capital and social cognitive theories. In: *Decision support systems*, 42(3), 1872-1888.
- Davey S. M, Brennan M, Meenan B. J, McAdam R (2010) The Health of Innovation: Why Open Business Models Can Benefit the Healthcare Sector. In: *Irish Journal Of Management* 30 (1), 21-40.
- De Jong J P J, Parker S K, Wennekers S, Wu C (2011) Corporate entrepreneurship at the individual level: measurement and determinants. In: *EIM Research Reports*. Zoetermeer: EIM, 11, 13.
- Dube A, Kaplan E (2010) Does outsourcing reduce wages in the low-wage service occupations? Evidence from janitors and guards. In: *Industrial & labor relations review*, 63(2), 287-306.
- Fornell C, Larcker D F (1981) Structural Equation Models With Unobservable Variables and Measurement Errors. In: *Journal of Marketing Research* (18:2), pp. 39-50.
- Gabarro J J (1978) The development of trust, influence, and expectations. In: *Interpersonal behavior: Communication and understanding in relationships*, 290, 303.
- Gefen D Straub D (2005) A Practical Guide to Factorial Validity Using PLS-Graph: Tutorial and Annotated Example. In: *Communications of the Association for Information Systems* (16:1), pp. 91-109.
- Ghoshal, S, Moran P. (1996). Bad for practice: A critique of the transaction cost theory. In: *Academy of management Review*, 21(1), 13-47.
- Gulati R (1995) Does familiarity breed trust? The implications of repeated ties for contractual choice in alliances. In: *Academy of management journal*, 38(1), 85-112.
- Han S, Ravichandran T (2006) Does IT Impact Firm Innovativeness: An Empirical Examination of Complementary and Direct Effects. In: *Proceedings of the Twelfth Americas Conference on Information Systems*, Acapulco, Mexico, 704-715.

- Hanelt A, Krüp H. (2015) Feed the Machine-An Empirical Investigation of the Impact of Openness in Innovation on IT Entrepreneurship. In: Proceedings of the Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS), Münster, Germany 72
- Hardesty D M, Bearden W O (2004). The Use of Expert Judges in Scale Development: Implications for Improving Face Validity of Measures of Unobservable Constructs. In: Journal of Business Research (57:2), pp. 98-107.
- Henningsson S, Hedman J (2014) Transformation of Digital Ecosystems: The Case of Digital Payments. In: Information and Communication Technology 84 (7), 46-55.)
- Lane P J, Koka B R, Pathak S (2006) The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. In: Academy Of Management Review 31 (4), 833-863.
- Lane P J, Lubatkin M (1998) Relative absorptive capacity and interorganizational learning. In: Strategic management journal, 19(5), 461-477.
- Laursen K, Salter A (2006) Open for innovation: the role of openness in explaining in-novation performance among UK manufacturing firms. In: Strategic Management Journal 27 (2), 131-150.
- Lindell M K, Whitney D J (2001).Accounting for common method variance in cross-sectional research designs. In: Journal of Applied Psychology, (86:1), pp. 114-121.
- Mahnke V, Özcan S, Overby M L (2006) Outsourcing Innovative Capabilities for IT-Enabled Services. In: Industry and Innovation, 13 (2), pp. 189-207.
- Moore G C, Benbasat I (1991) Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. In: Information Systems Research (2:3), pp. 192-222.
- Nambisan, S (2013) Information Technology and Product/Service Innovation: A Brief Assessment and Some Suggestions for Future Research. In: Journal Of The Association For Information Systems 14 (4), 215-226.
- Pavlou P A, El Sawy O A (2006) From IT leveraging competence to competitive advantage in turbulent environments: The case of new product development. In: Information Systems Research 17.3 (2006): 198-227.
- Podsakoff P M, MacKenzie S B, Lee J Y, Podsakoff, N P (2003) Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. In: Journal of Applied Psychology, (88:5), pp. 879-903.
- Prahalad C K, Krishnan M S (2008) The New Age of Innovation: Driving Co-Created Value Through Global Networks. In: McGraw-Hill, New York, NY.
- Ring P S, Van de Ven A H (1994) Developmental processes of cooperative interorganizational relationships. In: Academy of management review, 19(1), 90-118.
- Sawhney M, Verona G, Prandelli E (2005) Collaborating to Create: The Internet as a Platform for Customer Engagement in Product Innovation. In: Journal of Interactive Marketing, 19, 4, 4–17.
- Snowden D (1998) A framework for creating a sustainable programme. Knowledge Management: A Real Business Guide. In: Caspian Publishing, London, 6-18.

- Szulanski G (1995). Unpacking Stickiness: An Emperical Investigation Of Barriers To Transfer Best Practice Inside The Firm. In Academy of Management Proceedings (Vol. 1995, No. 1, pp. 437-441). Academy of Management.
- Szulanski G (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. In: Strategic management journal, 17(S2), 27-43.
- Tsai W, Ghoshal S (1998) Social capital and value creation: The role of intrafirm networks. In: Academy of management Journal, 41(4), 464-476.
- West J, Bogers M (2014) Leveraging External Sources of Innovation: A Review of Research on Open Innovation. In: Journal Of Product Innovation Management 31 (4), 814-831.
- Yli-Renko H, Autio E, Sapienza H J (2001) Social capital, knowledge acquisition, and knowledge exploitation in young technology-based firms. In: Strategic management journal, 22(6-7), 587-613.
- Yoo Y, Boland Jr R J, Lyytinen K, Majchrzak A (2012) Organizing for Innovation in the Digitized World. In: Organization Science 23 (5), 1398-1408.



# Modellierung und Nutzung von Referenzmodellen der IT-Governance – Vorgehen, Fallstudie und Toolunterstützung

Stefanie Looso<sup>1</sup>, Matthias Goeken<sup>2</sup> und Carsten Felden<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Frankfurt School of Finance & Management, s.looso@fs.de,

<sup>2</sup> Hochschule der Deutschen Bundesbank, matthias.goeken@bundesbank.de,

<sup>3</sup> Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Carsten.Felden@bwl.tu-freiberg.de

## Abstract

Referenzmodelle wie COBIT, ITIL oder ISO 38500 werden zur Definition von IT-Prozessen sowohl für das Management als auch die Governance der IT herangezogen, um unternehmensindividuelle Umsetzungen zu realisieren. Dabei dienen sie meist der Orientierung und werden zum Beispiel verwendet, um Anregungen zu erhalten, welche Prozesse, Aktivitäten, Kennzahlen etc. in einem unternehmensspezifischen Modell enthalten sein sollen. Eine systematische Anwendung solcher Referenzmodelle findet sich hingegen kaum. In den Forschungsprojekten SemGoRiCo und TosI wurden Referenzmodelle als semiformale (Meta-)Modelle abgebildet, um Möglichkeiten ihrer systematischen Anwendung aufzuzeigen und um auf diese Art und Weise eine bessere Werkzeugunterstützung für die IT-Governance zu bieten.<sup>1</sup> Diese wurde mithilfe einer Plattform zur Entwicklung semantischer Netze realisiert. Der vorliegende Beitrag beschreibt orientiert am DSRM-Prozess von Peffers et al. (2007) sowohl die Motivation, Anforderungen und den Lösungsansatz als auch den Entwurf (Design) mittels eines semantischen Netzes. Im Anschluss wird anhand eines kurzen Anwendungsfalls eine konkrete Implementierung demonstriert.

## 1 Einleitung

In der Praxis ist ein Bedarf nach Hilfestellung und methodischer Unterstützung beim Management und der Governance der IT sowie bei der Planung, Steuerung und Kontrolle des Technologieeinsatzes erkennbar. Dies beispielsweise, um einen höheren Wertbeitrag zu realisieren (Bartsch 2015, Siviyy et al. 2008) und ein Alignment zwischen Fachbereich und IT herzustellen (Tallon und Krämer 2003). Darüber hinaus sind IT-Risiken und die Sicherheit der IT zu managen oder auch die Compliance der IT selbst und diese durch IT-Unterstützung zu gewährleisten (Tuttle und

---

<sup>1</sup> SemGoRiCo (Semantische Governance, Risk und Compliance, Projektnr. 160/08-22) und TosI (Toolgestützte Einführung und semantische Integration von Referenzmodellen, Prozessen und Systemlandschaften zur Unterstützung der IT-Governance, 333/12-23) wurden durch die Hessen Agentur gefördert.

Vandervelde 2007, De Haes und van Grembergen 2015). Hierzu haben sich „eine Reihe von Referenzmodellen etabliert, die einen gewissen normativen Charakter aufweisen und zum Teil durch ihre praktische Anwendung empirische Bestätigung erfahren haben.“ (Krcmar 2015, 601). Referenzmodelle wie COBIT, ITIL oder ISO 38500, die als Best-Practice oder sogar als Standards vorliegen, werden für die genannten Zwecke herangezogen, um unternehmensindividuelle Umsetzungen zu realisieren.

Die Erkenntnisse der Referenzmodellierung sind in Teilen auch für diese in der Praxis entstandenen Modelle anwendbar. Es ist jedoch erkennbar, dass insbesondere die Erkenntnisse im Bereich der systematischen Anwendung nicht vollständig auf die Anwendung von Referenzmodellen der IT-Governance übertragbar sind (Looso 2011). Dies liegt insbesondere daran, dass die Nutzung der Modelle häufig eher unsystematisch verläuft und das, was man als *Anwendung eines Referenzmodells* bezeichnen kann, in der Praxis sehr unterschiedlich und vielgestaltig ist. So ist fraglich, ob das so genannte *Cherry Picking* oder auch die Anwendung von Teilbereichen bereits eine Anwendung des Modells darstellt. Weiterhin finden häufig Anregungen aus mehreren Best-Practice-Modellen in einem Unternehmensmodell Anwendung.

Im vorliegenden Beitrag steht die Frage im Mittelpunkt, wie eine systematische Anwendung aussehen kann. Dabei wird aber zunächst nicht der Frage nach dem Nutzen einer systematischen Anwendung nachgegangen. Er wird viel mehr an dieser Stelle unterstellt, dass eine systematische Anwendung einer unsystematischen überlegen ist. Ob dies tatsächlich der Fall ist, muss Gegenstand weiterer Forschungsbemühungen sein.

Die Untersuchungs- bzw. Forschungsfrage dieses Beitrags ist daher: lässt sich die Nutzung von Referenzmodellen der IT-Governance mithilfe einer semiformalen Abbildung / Wissensrepräsentation methodisch unterstützen? Konkret verfolgte Gestaltungsziele umfassen dabei die Unterstützung der unternehmensspezifischen Anpassungen der Modelle, ihre Erweiterungen und schließlich ihre Repräsentation in einem entsprechenden Werkzeug.

Konstruktionsorientierte Forschung sollte ebenso wie empirische Forschung einem möglichst strikten Ablauf folgen. Einen möglichen, idealtypischen Forschungsablauf extrahieren Peffers et al. (2007) auf Grundlage verschiedener wissenschaftstheoretischer Publikationen der Design-Science-Forschung (z. B. Hevner et al. 2004). Ihrem Ansatz folgend beginnt ein Forschungsvorhaben mit der Identifikation eines Problems und der resultierenden Forschungsmotivation. Im nächsten Schritt werden die Ziele der angestrebten Lösung abgeleitet. Im Anschluss daran wird das Artefakt entwickelt, angewendet und evaluiert. Diese drei Schritte stehen jeweils in engem Zusammenhang zu den vorher definierten Zielen. Am Ende steht die Kommunikation der Ergebnisse.

Zur Bearbeitung der hier vorliegenden Forschungsfrage wurden in den Konsortialforschungsprojekten SemGoRiCo und TosI Referenzmodelle der IT-Governance auf mehreren Ebenen abstrahierend, (semi-)formal und explizit spezifiziert. Dies erlaubt es zum einen, Mechanismen der Anpassung systematisch zu beschreiben. Zum anderen unterstützt es die Implementierung in einem Werkzeug, das die Repräsentation semantischer Netze unterstützt.

Im Folgenden werden zunächst Grundlagen erläutert und dabei Anforderungen an die zu entwickelnde Lösung abgeleitet. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 3 ein theoretischer Lösungsansatz beschrieben sowie ein Teilergebnis dargestellt. Aufbauend auf diesem Teilergebnis, einem Ausschnitt aus dem semantischen Netz für COBIT, wird das Werkzeug in Abschnitt 4 demonstriert.

## 2 Grundlagen und Ableitung von Anforderungen

### 2.1 IT-Governance

Eine zweckmäßige und mittlerweile weit verbreitete Auffassung, was unter IT-Governance zu verstehen ist, findet sich bei De Haes und Van Grembergen (2015):

„Definition and implementation of processes, structures, and relational mechanism that enable both business and IT people to execute their responsibilities in support of business/IT alignment and the creation of value from IT-enabled business investments.“ Weiter definieren sie: “Enterprise Governance of IT can be deployed using a mixture of various structures, processes, and relational mechanisms.“ (De Haes und van Grembergen 2015, 8 und 11).

Die wesentlichen Gestaltungsaspekte einer IT-Governance sind demnach *Organisationsstrukturen* (Zuordnung von Verantwortlichkeiten, Entscheidungsrechten und Rechenschaftspflichten und dadurch die Bildung von Stellen, Gremien etc.), *Prozesse* (verstanden als IT-Prozesse, welche die Abfolge und den Ablauf von Aufgaben beschreiben) sowie *Beziehungsmechanismen* (Maßnahmen, welche die Partizipation und Kollaboration der verschiedenen Anspruchsgruppen sicherstellen sollen). Neben diesen haben die Konsortialpartner in dem Projekt *Kennzahlen* als einen weiteren relevanten Gestaltungsaspekt benannt, der in einem Modell und einer Werkzeugimplementierung von Bedeutung sein sollte. So enthalten einige Modelle der IT-Governance bspw. Metriken, die von Unternehmen genutzt werden, um vorhandene und auf das Controlling ausgerichtete Kennzahlensysteme in Richtung IT-Governance zu erweitern. Dies ermöglicht bspw. ein Berichtswesen über die Leistungserstellung in der IT oder deren Reifegrad. Genauso aber auch die Erfolgsauswertung von konkreten Maßnahmen oder deren Planung.

Aus den genannten vier Gestaltungsaspekten resultieren bereits Anforderungen für das Projekt bzw. die zu erstellende Lösung. So sollen der gewählte Lösungsansatz, der Entwurf und die Werkzeugimplementierung (bzw. die Artefakte) sowohl die strukturellen und die prozessualen Aspekte einer IT-Governance adressieren als auch Kennzahlen enthalten. Die Beziehungsmechanismen werden als personenbezogene und „weiche“ Aspekte im Projekt nicht tiefergehend thematisiert, da sich bereits früh zeigte, dass ein modellierungsorientierter Ansatz bei der Entwicklung einer Lösung die anderen drei Gestaltungsaspekte adressieren kann. Weiche Faktoren lassen sich aber nicht sinnvoll mittels semantischer Modelle abbilden.

Darüber hinaus soll erreicht werden, dass keiner der genannten drei Aspekte dominiert. Eine Dominanz stellt sich zum Beispiel ein, wenn der Schwerpunkt auf IT-Prozesse gelegt wird. In diesem Fall ergibt sich insbesondere durch die Wahl der Modelldarstellung (hier beispielsweise Referenz-Prozessmodelle mittels erweiterter EPKs), dass Kennzahlen sowie Organisations- und Entscheidungsstrukturen ein deutlich geringeres Gewicht bekommen. Ein analoges Problem wird auch in der Systementwicklung thematisiert und dort als die “tyranny of the dominant decomposition” bezeichnet (Ossher und Tarr, 1999). Um diese Dominanz nicht zuzulassen, wird eine möglichst neutrale Abbildung der Referenzmodelle angestrebt. Als eine in diesem Sinne geeignete flexible und neutrale Modellierungssprache wurden semantische Netze identifiziert. Soll ein Gestaltungsaspekt vertiefend angesehen werden, dann wird dieser als eine Sicht auf die neutrale Abbildung der Referenzmodelle betrachtet.

## 2.2 Referenzmodelle der IT-Governance

Bei Fettke und Loos (2004) findet sich eine umfassende Systematisierung des Forschungsbereichs Referenzmodellierung. Referenzmodelle stehen demnach neben Referenzmodellierungssprachen, Referenzmodellierungsmethoden und dem Referenzmodellierungskontext. Mit Blick auf Referenzmodelle stellen sie fest, dass diese sich unter anderem anhand ihrer Anwendungsdomäne, der verwendeten Sprache oder ihrer Größe unterscheiden lassen. Trotz ihrer unterschiedlichen Natur ist ihnen gemein, als Referenz für andere Modelle zu dienen. Sie werden als Vorbild für die Entwicklung oder Ableitung eines Unternehmensmodells betrachtet und beinhalten aktuelles Wissen (State-of-the-Art-Knowledge) und Best-Practice-Wissen (Fettke und Loos 2003, Rosemann und van der Aalst 2007). Ebensolches enthalten die hier im Fokus stehenden Modelle der IT-Governance. Sie werden zumeist von Praktikern – zum Teil unter Mitwirkung von Wissenschaftlern – erstellt und fassen konsolidiertes Erfahrungswissen der Domäne IT-Governance zusammen. Die oben genannten Referenzmodelle wie COBIT und ITIL sind zumeist informale, höchstens semiformale Beschreibungen und stellen einen so genannten „one best way“ dar. Das heißt, sie sehen keine methodisch fundierten Hilfestellungen für die Individualisierung vor dem Hintergrund von Unternehmensspezifika vor. Die Best-Practice-Modelle der IT-Governance können demnach grundsätzlich als Referenzmodelle verstanden werden und sind im Folgenden definiert als: „Eine semi-formale Sammlung von konsolidiertem und legitimiertem Wissen der IT-Governance-Domäne, die durch aktive Konsensbildung der organisierten relevanten Subjekte entstanden ist.“ (Looso 2011, S. 115).

Wesentlich für ein solches Referenzmodell ist also die Entstehung durch den Konsens der Beteiligten und die Legitimation durch eine Organisation. Es sind demnach Referenzmodelle, die nicht bereits durch Deklaration oder Akzeptanz zur Referenz werden (vom Brocke 2003), sondern erst durch die Legitimation durch eine Organisation und/oder ein (Review-)Verfahren.

Da die Modelle der IT-Governance grundsätzlich Referenzmodelle sind, können spezifische Erkenntnisse bezüglich der Anpassung und Anwendung von Referenzmodellen auch hier Verwendung finden. Die Adaption von Referenzmodellen wird in der Referenzmodellforschung zumeist als Referenzmodellanwendung bezeichnet (Thomas und Adam 2003, 243, vom Brocke 2003). Jedoch ist eine Anpassung eines IT-Governance-Modells an die Unternehmensspezifika nicht unbedingt gleichbedeutend mit der Anwendung eines Modells im Unternehmen. Auf diesem Spannungsfeld zwischen Anwendung und Anpassung lag in beiden Forschungsprojekten ein besonderer Fokus (siehe Abschnitt 3). Dies auch deswegen, da die IT-Governance eine Multi-Modell-Umgebung ist (Siviy et al. 2008), aus der sich Möglichkeiten und Herausforderungen ergeben (bspw. die Nutzung von Komponenten aus verschiedenen Modellen, aber auch die Erhöhung der Komplexität durch Widersprüche oder Überschneidungen (Cater-Steel et al. 2006)).

Hieraus resultierte die Projektanforderung, verschiedene Mechanismen der Anpassung und Anwendung der Modelle konzeptionell klar trennen und eindeutig beschreiben zu können, sodass mithin die Mechanismen systematisch unterstützt werden können. Weiterhin ergibt sich daraus, dass viele Referenzmodelle der IT-Governance im Wesentlichen natürlichsprachlich und damit informal beschrieben sind, um sie den Mechanismen der Referenzmodellierung zugänglich zu machen und dann der Anforderung gerecht zu sein, sie semiformal zu beschreiben bzw. abzubilden.

## 2.3 Weitere Anforderungen

Das Werkzeug soll eine möglichst leicht verständliche und intuitive Navigation und Suche in den Modellen und ihren Inhalten ermöglichen. Daher soll zum einen eine optische Wiedererkennung,

zum Beispiel durch graphische Elemente, gegeben sein. Zum anderen soll die Abbildung der Referenzmodelle keine strikte Trennung zwischen Metamodellobjekten und Modellobjekten - also bspw. zwischen dem Metamodellobjekt „IT-Prozess“ und konkreten IT-Prozessen wie „Manage Quality“ oder „Define a Strategic IT Plan“ - vorsehen. Dies erlaubt es – anders als zum Beispiel eine relationale Datenbank – sowohl in der vernetzten Struktur zu navigieren und diese sowohl zu visualisieren als auch bei der Suche die Metamodell- und die Modellebene zu verschränken (Reichenberger 2010). Trotzdem liegt im Unterschied zu einer dokumentenbasierten Repräsentation des Wissens hinter der Darstellung ein konzeptionelles Modell.

Eine weitere Anforderung betrifft die flexible Veränderbarkeit und Erweiterbarkeit des Modells bei der Anpassung und Anwendung im Zuge der Entwicklung eines unternehmensspezifischen Modells.

### 3 Lösungsansatz und Entwurf

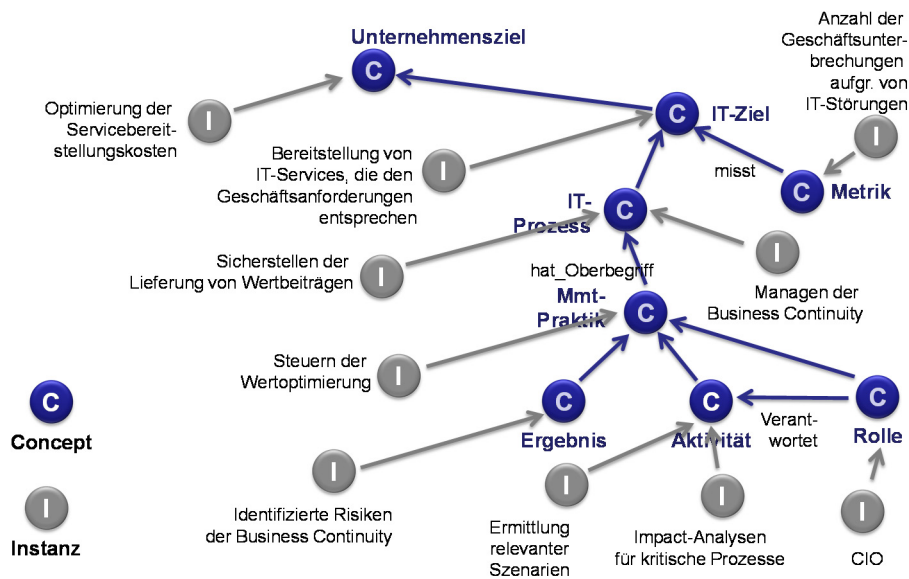
#### 3.1 Semiformale Beschreibung der Referenzmodelle der IT-Governance

In den Forschungsprojekten wurde mit semantischen Netzen eine Form der Wissensrepräsentation und Modellierung aber auch eine Technologie gewählt, welche die oben genannten Anforderungen unterstützen kann. Sie erlauben es, die Referenzmodellinhalte semiformal zu beschreiben bzw. abzubilden (2.2). Bei der Entwicklung eines semantischen Netzes ist – wie auch bei der Entwicklung einer Ontologie – der erste Schritt die Ableitung einer (schwachen) Taxonomie aus Metamodellobjekten, die aus den vorliegenden IT-Governance-Modellen abstrahiert werden. Im Falle des als Beispiel dienenden Netzes in Bild 1 sind dies die mit einem dunklen „C“ versehenen Konzepte (z. B. IT-Ziel, IT-Prozess, Management-(Mmt-)Praktik). Diese stehen in einer „hat\_oberbegriff“ Beziehung. Neben dieser unspezifischen Über-/Unterordnungs-Beziehung werden domänenspezifische Beziehungen abgebildet. Diese beschreiben hier zum Beispiel, dass eine Rolle eine Verantwortlichkeit bezüglich einer Aktivität hat („verantwortet“) oder dass eine Metrik die Zielerreichung „misst“.<sup>2</sup> In einem dritten Schritt werden dann den so gebildeten Strukturen aus abstrakten Metamodellobjekten Instanzen zugeordnet („I“). Dies erfolgt, indem für einen konkreten Prozess (z. B. für den COBIT-Prozess „Sicherstellung der Lieferung von Wertbeiträgen“) das Konzept Rolle mit der konkreten Rolle CIO instanziiert wird und konkrete Aktivitäten beschrieben werden. Diese Instanzen sind Modellobjekte aus den IT-Governance-Modellen. In der Regel verfügt ein Konzept über mehrere Instanzen und einer Instanz können mehrere Instanzen eines anderen Metamodellobjekts zugeordnet sein. So hat das dargestellte IT-Ziel „Bereitstellung von IT-Services ...“ mehrere zugeordnete IT-Prozesse, von denen zwei dargestellt sind.

In Bild 1 ist zu sehen, wie die Anforderung der Neutralität mittels eines semantischen Netzes umgesetzt wird: Es ist in der Lage, sowohl die Verantwortlichkeiten als auch die Metriken und Aktivitäten (als grundlegende Bestandteile von Prozessen) darzustellen, ohne dass eine Dekomposition dominiert.

---

<sup>2</sup> Um die Abbildung nicht zu überfrachten wurden nur einige domänenspezifische Assoziationen beschriftet.



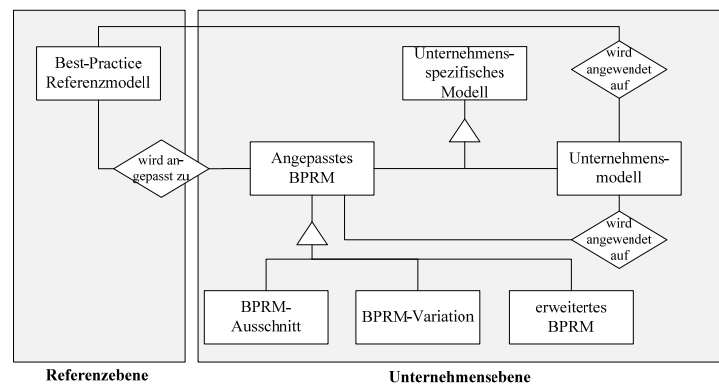
**Bild 1: Repräsentation eines Referenzmodellausschnitts als semantisches Netz**

### 3.2 Unterscheidung von Entwurfsebenen und Anpassung/Anwendung des Modells

Das resultierende semantische Netz bildet ein Best-Practice-Modell demnach zunächst in seiner Reinform ab. In der Methodenterminologie ist dieses Netz das Ausgangsergebnis für eine Anpassung und Anwendung auf Unternehmensebene und wird der Referenzebene zugeordnet, die von den spezifischen Unternehmensumständen abstrahiert. Die an das Unternehmen angepassten unternehmensspezifischen Modelle werden hingegen der Unternehmensebene zugeordnet. Bild 2 zeigt das konzeptionelle Modell der verschiedenen Modellarten. Hier wird verdeutlicht, dass Anpassung und Anwendung unterschieden werden und zwei voneinander unabhängige Mechanismen sind. So lässt sich sowohl ein unangepasstes als auch ein angepasstes Modell auf das Unternehmensmodell anwenden (Looso 2011).

Nun galt es, wie auch in der Referenzmodellierung, methodische Unterstützung für die Entwicklung eines Modells, das Unternehmensspezifika berücksichtigt, bereitzustellen. D.h. die Referenzebene und die Unternehmensebene so zu unterscheiden, ohne jedoch die geforderte Vernetzung beider Ebenen zu lösen. Für die Erstellung eines Modells der Unternehmensebene wird zunächst eine exakte Kopie des semantischen Netzes angefertigt. Der hierfür im Werkzeug vorgesehene Mechanismus ist das Klonen des Netzes. Der Klon kann vom Unternehmen angepasst werden, d.h. es werden Konzepte oder Instanzen spezifiziert, verändert, gelöscht oder auch dupliziert. Dies soll jedoch möglich sein, ohne dabei die Beziehung zum semantischen Netz des Referenzmodells und damit das vernetzte Wissen zu verlieren.

Um die hierfür notwendigen Mechanismen besser zu verstehen, war es zunächst notwendig, die Anpassung eines Referenzmodells näher zu beleuchten. Hierfür galt es zu prüfen, welche wissenschaftlichen Erkenntnisse, insbesondere aus der Referenzmodellierung, Anwendung finden können.



**Bild 2: Konzeptionelles Modell der Entwurfsebenen und Anpassungsmechanismen**

Für die Anpassung eines Referenzmodells an die unternehmensspezifische Situation, nennen Fettke und Loos (2002) zwei Maßnahmenkategorien, namentlich kompositorische und generische Maßnahmen. Erstere umfassen Maßnahmen, die einzelne Bereiche des Modells löschen, verändern oder ergänzen. Generische Maßnahmen beschreiben sie hingegen als Maßnahmen, bei denen explizit beschriebene Möglichkeiten der Anpassung durchgeführt werden. Dazu gehört etwa das – bei den hier im Fokus stehenden Modellen selten vorkommende – regelgeleitete Anpassen eines Modells auf Basis von Unternehmensmerkmalen. Kompositorisches Anpassen ist hingegen im vorliegenden Kontext die Regel. So werden IT-Governance-Modelle selten als Ganzes etabliert.

Die im Projekt gewählte Wissensrepräsentation ermöglicht es nun, die Auswirkungen der kompositorischen Modellanpassung zu erfassen. Wird zunächst nur ein Teilbereich als relevant deklariert, ist zu unterscheiden, ob es sich um einen Teilbereich des Metamodells oder des Modells selbst handelt (Fettke und Loos 2002 verwenden hier ebenfalls ein Ebenenmodell). Will ein Unternehmen etwa zunächst nur mit einigen wenigen Konzepten arbeiten, bedeutet dies bspw. dass im Klon die Konzepte Metrik, Ziel oder Resultat mit den jeweiligen Instanzen gelöscht bzw. deaktiviert würden (eine Deaktivierung hat den Vorteil, dass die Vernetzung des Wissens bestehen bleiben kann). Eine andere in der Praxis weit verbreitete Ausschnittsbildung ist die Reduktion der Modelltiefe durch Reduktion der Instanzen. Bei dieser Form werden alle Konzepte verwendet, jedoch nicht alle Instanzen. D.h., dass sich das Unternehmen auf einen Themenschwerpunkt im Modell konzentriert. Die Vernetzung des Wissens in einem semantischen Netz ermöglicht es hier aufzuzeigen, welche Beziehungen zwischen den Instanzen von einer Reduktion des Modells betroffen sind. Bild 1 zeigt das Ergebnis „Identifizierte Risiken der Business Continuity“ des Prozesses „Managen der Business Continuity“. Dieses stellt wiederum den Input für weitere Prozesse dar, zum Beispiel die Definition von Kontrollen (Controls) und das Managen von Sicherheitsservices. Dies bedeutet, dass die werkzeuggestützte Abbildung des IT-Governance-Wissens in einem semantischen Netz aufzeigen kann, welche Input-Output-Beziehungen zwischen Prozessen bestehen und welche Prozesse betroffen sind, wenn beispielsweise ein bestimmter IT-Prozess im Zuge der Modellbereichsauswahl gelöscht wird.

Becker et al. (2004) beschäftigen sich ebenfalls mit möglichen Adaptionenmechanismen. Ihr Ordnungsrahmen beinhaltet drei Dimensionen: Modellebenen, Mechanismen der generierenden Adaption und die Mechanismen der nicht-generierenden Adaption. Letztere sind für SemGoRiCo und TosI von besonderer Bedeutung, da diese keine expliziten Anpassungsregeln im Referenzmodell voraussetzen. Als nicht-generierende Adaption bezeichnen Becker et al. Aggregation, Instanziierung, Spezialisierung und Analogiekonstruktion.

Eine Anpassung des Modells an die Unternehmensumstände durch den Mechanismus Spezialisierung erfolgt an Stellen des Referenzmodells, deren Detaillierungsgrad aufgrund seines Referenzcharakters bewusst eingeschränkt ist. Die Anpassung sieht dann vor, dass Modellelemente bei der Erstellung eines unternehmensspezifischen Modells spezifiziert d.h. gegebenenfalls auch dupliziert werden, um bspw. dem Umstand gerecht zu werden, dass es für einen konkreten Prozess eine „normale“ und eine Notfall-Variante gibt.

Weiterhin fallen durch Spezifizierungen möglicherweise auch wiederum kompositorische Maßnahmen an (z. B. eine Erweiterung des Modells). So wird eine in COBIT vorgeschlagene Metrik zum Messen eines IT-Ziels in einer Konzernstruktur unter Umständen mehrfach benötigt, da die unterschiedlichen Unternehmensteile diese Metrik jeweils getrennt erheben und verantworten. Dieser Anpassungsanforderung muss ein Mechanismus im semantischen Netz gegenüberstehen, d. h. die relevanten Stellen müssen durch nochmaliges Klonen dupliziert und die konkrete Beziehung der Elemente zueinander für eine spätere Aggregation der Werte spezifiziert werden (siehe Abschnitt 4).

Liegt nach der Anpassung ein unternehmensspezifischer Klons des semantischen Netzes vor, kann in einem weiteren Schritt nun die Anwendung des Modells folgen. Mögliche Formen der Anwendung sind die Integration in ein Reportingsystem (Abschnitt 4.2), die Repräsentation des strukturellen Aspekts der IT-Governance oder die verschiedensten Formen des Assessments. Dies kann zum einen gegen den aktuellen IST-Zustand des Unternehmens erfolgen (bspw. ein Self-Assessment) oder man stellt das angepasste Referenzmodell und das ursprüngliche Referenzmodell (bspw. aus Compliance-Gründen) noch einmal kritisch gegenüber.

## 4 Implementierung des Werkzeugs

### 4.1 SemGoRiCo und TosI – Kurze Darstellung

In den Konsortialforschungsprojekten SemGoRiCo und TosI wurden mehrere Referenzmodelle der IT-Governance in „k-infinity“, einer semantischen Graphdatenbanken, abgelegt und der oben konzeptionell beschriebene Klonmechanismus implementiert. Im Rahmen der Projekte wurden darüber hinaus mit Unternehmenspartnern mehrere konkrete Anwendungsfälle bearbeitet. Über den beschriebenen Klonmechanismus und die Anpassung des Klons konnten ließen sich sowohl IT-Governance-Strukturen als auch angepasste Kennzahlensysteme für das IT-Reporting umsetzen. Im Folgenden wird ein Anwendungsfall kurz dargestellt, um die Implementierung des Werkzeugs zu demonstrieren.

### 4.2 Demonstration: Anwendungsfall IT-Reporting – eXample AG

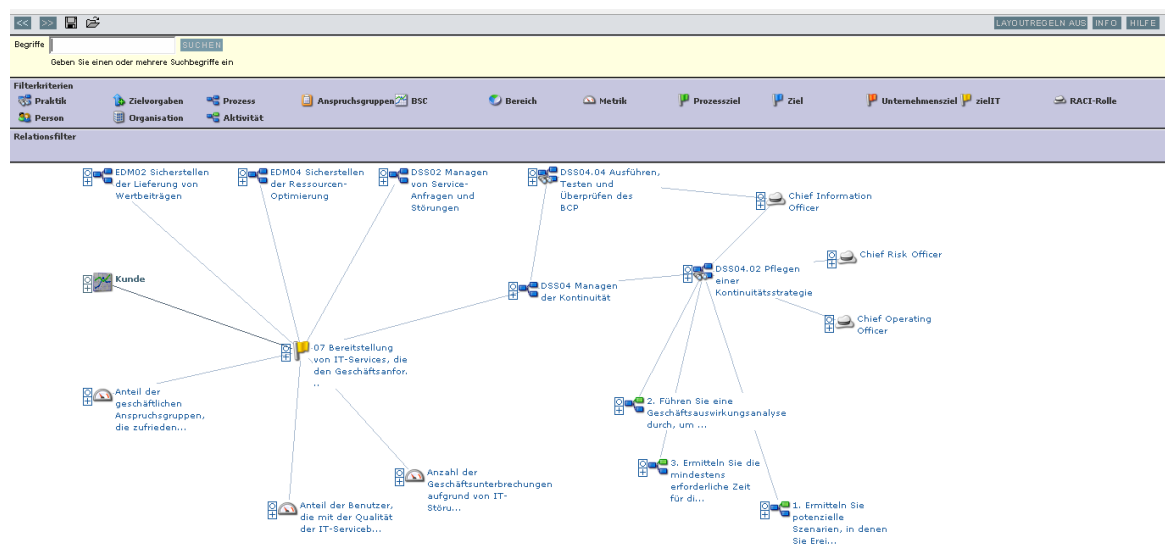
Dieser kurze Fall beschreibt das IT-Reporting der eXample AG, die Betriebsstätten auf mehreren Kontinenten mit verteilten Kompetenz- und Rechenzentren der IT unterhält. Fachlich ging es darum, das Berichtswesen über IT-Services zu verbessern. Insofern lag eine eher enge Fragestellung vor und die Modellanpassung bedeutete in diesem Fall, solche Prozesse auszuwählen, die sich mit der Bereitstellung von IT-Services befassen. Es wurden die (oben bereits dargestellten) IT-Prozesse „Sicherstellen der Lieferung von Wertbeiträgen“ und „Managen der Business Continuity“ gewählt. Das auch in diesem Fall verfolgte IT-Ziel: „Bereitstellung von IT-Services, die den Geschäftsanforderungen entsprechen“ wird über folgende Metriken/Kennzahlen gemessen:

1. Anzahl der Geschäftsunterbrechungen aufgrund von IT-Servicestörungen.



2. Anteil der geschäftlichen Anspruchsgruppen, die zufrieden sind, weil die IT-Servicebereitstellung dem vereinbarten Service Level entspricht.
3. Anteil der Benutzer, die mit der Qualität der IT-Servicebereitstellung zufrieden sind.

Bild 3 veranschaulicht die Repräsentation des relevanten Modellausschnitts in dem erstellten Werkzeug. Dabei sind das IT-Ziel in der Mitte links, die diese realisierenden IT-Prozesse oberhalb und die Metriken unterhalb abgebildet. Für den Prozess „Managen der Kontinuität“ sind darüber hinaus Praktiken (u. a. Pflegen einer Kontinuitätsstrategie) und Aktivitäten sowie Rollen, die diese verantworten, dargestellt.

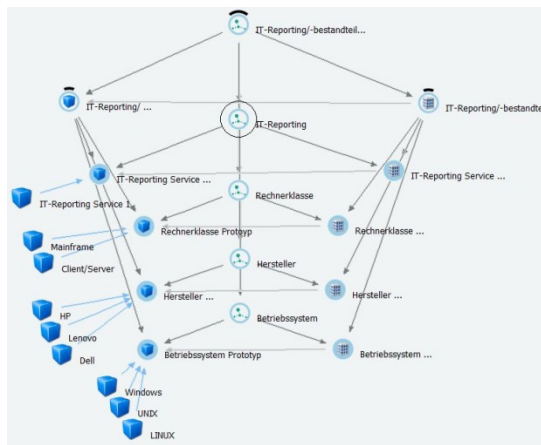


**Bild 3: Screenshot des Tools - Repräsentation des relevanten Modellausschnitts**

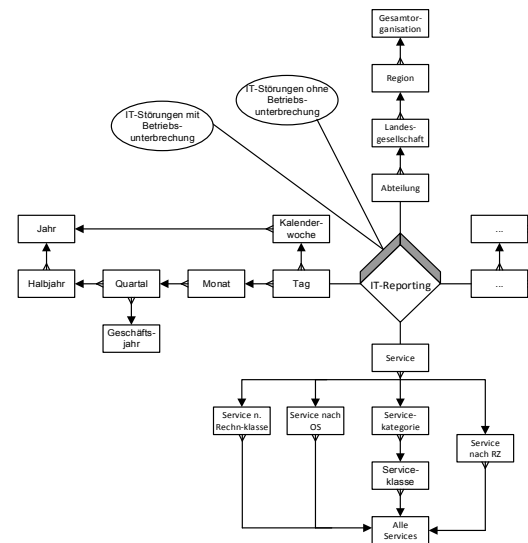
Die Metriken zwei und drei sind lediglich über Benutzerbefragungen, die nur von Zeit zu Zeit und nicht kontinuierlich durchgeführt werden können, messbar. Jedoch wurden in der eXample AG Geschäftsunterbrechungen aufgrund von IT-Servicestörungen in einer Configuration Management Database (CMDB) nachgehalten und gespeichert, sodass das IT-Reporting auf diese zugreifen kann. Hierbei soll berichtet werden,

- ob eine IT-Servicestörung zu einer Geschäftsunterbrechungen geführt hat,
- wann sie angefallen ist,
- wer der Konsument des Service ist, bei dem die Geschäftsunterbrechungen angefallen sind,
- in welchem Rechenzentrum die IT-Ressourcen, die für den IT-Service, der eine Störung aufweist, beheimatet sind und
- mit welcher Art von IT-Ressourcen der Service erbracht wurde.

Um diese Auswertungsstrukturen darstellen zu können, waren weitere Modelle zu erstellen bzw. aus dem semantischen Netz abzuleiten sind: Zum einen ein Modell, das die zu berichtenden Objekte enthält (IT-Ressourcen und Betriebsstätten); zum anderen ein multidimensionales Datenmodell, das die Implementierung in einem Reporting-Werkzeug vorbereitet. In den folgenden Bildern sind diese beiden Modelle dargestellt.



**Bild 4: Ressourcendarstellung für das IT-Reporting**



**Bild 5: Multidimensionales Datenmodell für den Anwendungsfall**

An dieser Stelle ist nochmals auf den Vorteil der geforderten „Neutralität“ der Repräsentation des Governance-Wissens zu verweisen. In Bild 3 zeigt sich, dass der hier beschriebene Weg, die Kennzahlen für ein Reporting zu nutzen, nur einen möglichen Weg darstellt. Alternativ oder zusätzlich könnte das Augenmerk auf die Abfolge und Konkretisierung der angegebenen Praktiken und Aktivitäten – und somit eine prozessorientierte Sicht auf IT-Governance – gelenkt werden. Denkbar ist auch, dass die Konkretisierung und detaillierte Beschreibung der IT-Governancestrukturen durch die Zuordnung von Rollen zu Praktiken und Aktivitäten erfolgt. Dies möglicherweise ergänzt um sogenannte Zuordnungsinhalte („entscheidet über“, „ist verantwortlich für“, „wird informiert“ etc.).

Diese alternativen, aber kombinierbaren Sichten repräsentieren die in Abschnitt 2.2 genannten drei Gestaltungsaspekte.

## 5 Fazit und Ausblick

In der Literatur lassen sich Belege dafür finden, dass die Anwendung von Referenzmodellen und Standards in der IT-Governance einen positiven Beitrag zur Erreichung der IT- und Unternehmensziele hat (Simonsson und Johnson 2008, Wagner 2006). Die Anwendung selbst steht jedoch nicht im Fokus empirischer Forschung. Damit ist die „Anwendung“ eines Referenzmodells zumeist wenig stringent operationalisiert und es bleibt letztlich unklar, was Anwendung konkret bedeutet. An dieser Stelle setzt der vorliegende Beitrag an.

Ziel war es, Möglichkeiten der systematischen Nutzung von Referenzmodellen der IT-Governance zu betrachten. Hierzu wurde gezeigt, wie in den Forschungsprojekten SemGoRiCo und TosI das in den Modellen enthaltene Wissen mittels eines semantischen Netzes neutral abgelegt wurde und wie die verschiedenen Gestaltungsaspekte der IT-Governance als Sichten auf dieses Kernmodell darstellbar sind. Bereits früh im ersten Projekt wurden semantische Netze als gut geeignete Technologie und Modellierungsmethode identifiziert. Die darauf folgende Entscheidung zugunsten semantischer Netze und der Start eines Konsortialforschungsprojekts führten dazu, dass Technologie

und Modellierungsmethode nicht mehr infrage gestellt wurden. Sie haben sich zwar an keiner Stelle als ungeeignet erwiesen, gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass mit anderen Technologien die Anforderungen ebenfalls erfüllbar gewesen wären.

Die in Kapitel 2 formulierten Anforderungen ließen sich in dem Projekt umsetzen, wobei es nicht möglich war, in diesem Beitrag die flexible Anpassung zu beschreiben (Abschnitt 2.3); die Mechanismen der Anpassung und Anwendung ließen sich nur kurz umreißen.

Über das in diesem Beitrag dargestellte IT-Berichtswesen hinaus sind weitere Fallstudien durchgeführt worden (Incidentmanagement-Prozess und -Reporting bei einem großen IT-Dienstleister; Abbildung von Organisations- und Entscheidungsstrukturen der IT-Governance bei einer Unternehmensberatung). Die Erkenntnisse hieraus sollen in zukünftigen Beiträgen – im Sinne des DSRM-Prozesses – noch angemessen kommuniziert werden. Jedoch sind, um verlässlichere Aussagen darüber hinaus treffen zu können, noch eine Vielzahl an Fallstudien zu unterschiedlichen Gestaltungsaspekten und mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten durchzuführen.

Abschließend soll noch einmal die Frage aufgegriffen werden, ob mit der systematischen Nutzung der Referenzmodelle tatsächlich ein Nutzen im Sinne einer Vorteilhaftigkeit verbunden ist. Möglicherweise mag man es als eine Selbstverständlichkeit ansehen, dass eine systematische Herangehensweise mehr Erfolg verspricht als eine unsystematische. Für den hier gegebenen Fall der Referenzmodelle müsste dies jedoch noch belegt werden, zumal eine systematische Anwendung wahrscheinlich deutlich aufwändiger ist.

## 6 Literaturverzeichnis

- Bartsch, S. (2015): Ein Referenzmodell zum Wertbeitrag der IT. Wiesbaden 2015.
- Becker J, Delfmann P, Knackstedt R (2004): Konstruktion von Referenzmodellierungssprachen. Ein Ordnungsrahmen zur Spezifikation von Adaptionsmechanismen für Informationsmodelle. In: Wirtschaftsinformatik, Jg. 46, H. 4: 251–264.
- vom Brocke J (2003): Referenzmodellierung. Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen. Dissertation, Münster, 2002. Berlin: Logos (Advances in information systems and management science, 4).
- Cater-Steel A, Tan WG, Toleman M (2006): Challenge of adopting multiple process improvement frameworks. In: Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems, 14.-16.Juni 2004, Turku, Finnland.
- De Haes S, van Grembergen W (2015): Enterprise Governance of Information Technology. Springer, Heidelberg 2015.
- Fettke P, Loos P (2002): Methoden zur Wiederverwendung von Referenzmodellen – Übersicht und Taxonomie. In: Becker, Knackstedt (Hg.): Referenzmodellierung 2002. Methoden – Modelle – Erfahrungen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 90, Münster, 9–30.
- Fettke P, Loos P (2003): Classification of reference models—a methodology and its application. In: Information systems and ebusiness management, Jg. 1, H. 1, 35–53.
- Fettke P, Loos P (2004): Referenzmodellierungsforschung. In: Wirtschaftsinformatik, Jg. 46, H. 5, 331–340.

- Hevner AR, March ST, Park J, Sudha R (2004): Design Science in Information Systems. In: MIS Quarterly, Jg. 28, H. 1, 75–106.
- Krcmar H (2015): Informationsmanagement. Springer, Heidelberg 2015.
- Looso S (2011): Best-Practice-Referenzmodelle der IT-Governance. Struktur, Anwendung und Methoden. <http://www.frankfurt-school.de/dms/dissertations/Looso0/Looso.pdf>.
- Ossher H, Tarr P (1999) Multi-Dimensional Separation of Concerns in Hyperspace. Research Report RC21452(96717)16APR99, IBM Research Division, Almaden, April 1999.
- Peppers KTT, Rothenberger MA, Chatterjee S (2007): A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. In: Journal of Management Information Systems, Jg. 24 (2007-2008), H. 3, 45–77.
- Reichenberger K (2010): Kompendium semantische Netze: Konzepte, Technologie, Modellierung. Springer, Heidelberg 2010.
- Rosemann M, van der Aalst WMP (2007): A configurable reference modelling language. In: Information Systems, Jg. 32, H. 1, 1–23.
- Simonsson M, Johnson P (2008): The IT Organization Modeling and Assessment Tool: Correlating IT Governance Maturity with the Effect of IT. In: HICSS 2008 - Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 431–441.
- Siviy J, Kirwan P, Marino L, Morley J (2008a): Maximizing your Process Improvement ROI through Harmonization. Carnegie Mellon. Software Engineering Institute, White Paper SEI, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Tallon PP, Kraemer KL (2003) Investigating the relationship between strategic alignment and IT business value: the discovery of a paradox, In: Shin H, Creating business value with information technology challenges and solutions, Idea Group, Hershey: 2003, 1–22.
- Thomas O, Adam OHK (2003): Adaption von Referenzmodellen unter Berücksichtigung unscharfer Daten. In: Dittrich (Hg.): Innovative Informatikanwendungen. Informatik 2003, Beiträge der 33. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 29. Sept. - 2. Okt. 2003 in Frankfurt am Main; Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition Proceedings, 34), 243–248.
- Tuttle B, Vandervelde SD (2007): An empirical examination of COBIT as an internal control framework for information technology. In: International Journal of Accounting Information Systems, Jg. 8, 240–263.
- Wagner HT (2006): Managing the impact of IT on Firm Success. The Link between the resources-based view and the IT Infrastructure Library. In: HICSS 2006 - Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, o.S.

# Identifikation überalterter Komponenten in einer IT-Architektur

Alexander W. Schneider<sup>1</sup>, Christian M. Schweda<sup>2</sup> und Florian Matthes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, Fakultät für Informatik, alexander.schneider@tum.de

<sup>2</sup> Hochschule Reutlingen, Fakultät für Informatik, christian.schweda@reutlingen-university.de

<sup>3</sup> Technische Universität München, Fakultät für Informatik, matthes@in.tum.de

## Abstract

Die strategische Gestaltung der IT-Architektur in einem Unternehmen stellt eine weit verbreitete und relevante Teilaufgabe bei der Gestaltung der Informationssysteme in Unternehmen dar. Der IT-Architekt hat dabei u.a. die Aufgabe, eine Überalterung der IT-Komponenten zu erkennen und zu verhindern, da überalterte Hardware und Software nicht nur im Funktionsumfang beschränkt sind, sondern auch zu steigenden Risiken, z.B. bezüglich Sicherheitsaspekten oder Kosten zur Aufholung des Migrationsrückstands, führen. Aufgrund der Vielfalt der eingesetzten IT-Komponenten ist die Feststellung der Überalterung für den IT-Architekten ohne entsprechende Unterstützung schwer durchführbar. Dieser Beitrag stellt eine Kennzahl vor, die es IT-Architekten ermöglicht auf einfache Weise eine Überalterung innerhalb der IT-Architektur zu identifizieren. Die vorgestellte Kennzahl erfüllt dabei wesentliche wünschenswerte Eigenschaften hinsichtlich der benötigten Daten sowie ihres Verhaltens im Falle von Architekturänderungen. Die Anwendbarkeit der Kennzahl wird an einem Fallbeispiel demonstriert.

## 1 Einleitung

Der technische Fortschritt als treibende Kraft erfordert von Unternehmen das kontinuierliche Aussondern obsoleter Ressourcen (Gilpin and Gilpin 2000). Verbunden mit dem Aussondern ist die Substitution mit neuen, i.d.R. effizienteren, Ressourcen. Besonders in der Informationstechnik (IT) stellt sich diese Migration herausfordernd dar, wie aktuelle Forschungsarbeiten z.B. im Rahmen von Digitaler Transformation (Jahn and Pfeiffer 2014), Cloud Computing (Low et al. 2011) oder Big Data (Dutta and Bose 2015) zeigen. Doch auch jenseits disruptiver Veränderungen (Christensen et al. 2010) muss die Vielzahl der im Unternehmen eingesetzten IT-Komponenten einem kontinuierlichen Lebenszyklusmanagement unterworfen werden (Buchsein et al. 2008). Dadurch wird die Alterung der IT-Architektur aktiv gesteuert und eine Überalterung derselben und die damit einhergehenden Risiken für Sicherheit und Wartbarkeit vermieden. Für das Lebenszyklusmanagement nutzt der IT-Architekt taktische Planungsinstrumente, die über die typischen Methoden des IT-Betriebs hinausgehen. Die Herausforderung für den IT-Architekten besteht insbesondere darin, dass in einer IT-Architektur verschiedene IT-Komponenten zum Einsatz

kommen und jedes zu Grunde liegende Produkt über einen eigenen Releasezyklus verfügt. Dabei gilt, dass der Einsatz neuerer Releases im Allgemeinen bevorzugt wird, da z.B. Sicherheitslücken von den jeweiligen Herstellern nur für die aktuellen Versionen geschlossen werden, neue Funktionen geboten werden die im Unternehmen gewinnbringend genutzt werden können und eine Migration auf die aktuellste Version oftmals erleichtern.

Die Aufgabe des IT-Architekten besteht entsprechend darin, auf Ebene der IT-Architektur Produkte bzw. Produktgruppen zu identifizieren, bei denen eine Überalterung vorliegt oder demnächst zu erwarten ist. Aufgrund der Vielzahl an eingesetzten IT-Komponenten muss eine erste Bewertung ohne genauere Kenntnis des zu Grunde liegenden Produkts erfolgen und sich auf typischerweise verfügbare Informationen über die IT-Architektur stützen. Insbesondere muss der IT-Architekt in der Lage sein, Überalterung zu erfassen und zu vergleichen, um Brennpunkte innerhalb der Architektur zu identifizieren. Wie einer identifizierten Überalterung im Anschluss begegnet wird, muss im Rahmen eines entsprechenden Managementprozesses entschieden werden, der nicht Teil dieses Artikels ist.

Wir entwickeln im Folgenden ein Modell – vgl. March and Smith (1995) – zur Unterstützung von IT-Architekten bei der Identifikation von Überalterung in IT-Architekturen. Dabei folgen wir dem Design Science Forschungsansatz (Hevner et al. 2004; Peffers et al. 2007). Basierend auf verwandten Arbeiten wird in diesem Beitrag zunächst eine Konzeptualisierung von Überalterung im Kontext einer IT-Architektur vorgestellt. Darauf aufbauend wird eine Kennzahl zur Quantifizierung des Alters entwickelt und durch eine geeignete Visualisierung ergänzt. Die Aussagekraft der Kennzahl wird durch ein praxisnahes Fallbeispiel untermauert. Um die erforderliche Anwendbarkeit der Kennzahl in der Praxis zu belegen (Nunamaker et al. 1991), wird sie im Rahmen einer Technologiebewertung bei einer globalen Versicherungsgruppe für deren verwendete Datenbankmanagementsysteme eingesetzt.

## 2 Überalterung von IT-Architekturen in der Literatur

Der Begriff der „Überalterung“ innerhalb einer IT-Architektur lässt sich auf verschiedene Arten genauer definieren. Im Sinne des ISO Standards 42010 (International Organization for Standardization 2007) wird die Struktur des Informationssystems eines Unternehmens bestehend aus Nutzern, Bereitstellern und IT-Komponenten als Architektur des Unternehmensinformationssystems betrachtet. In ähnlicher Weise bildet die Gesamtheit der IT-Komponenten die IT-Architektur, die durch verschiedene Aktivitäten im Unternehmen, so z.B. durch Projekte, gestaltet und weiterentwickelt wird. Daneben unterliegen zugekaufte und extern erstellte IT-Komponenten („Third party software components“) einem externen Lebenszyklus, der durch den Hersteller oder Bereitsteller der IT-Komponenten gesteuert wird. So werden durch die Hersteller und Bereitsteller teilweise konkrete Wartungszeiträume für die Komponenten angegeben oder es wird eine rollierende Wartung der letzten n-Versionen angeboten. Dementsprechend entsteht Überalterung immer dann, wenn derartige Komponenten aus der Wartung laufen oder drohen aus der Wartung zu laufen. Eine Differenzierung der IT-Komponenten in fachlich genutzte Anwendungen und deren technische Bestandteile, wie in weit verbreiteten Ansätzen für das EAM (The Open Group 2011) ist für dieses Verständnis von Veralterung und Überalterung nicht notwendig. In der Folge wollen wir folgende Arbeitsdefinitionen der Begriffe verwenden:

- Eine extern erstellte IT-Komponente altert durch das zur Verfügung stehen von neuen Major- und Minor-Versionen derselben Komponente, sowie durch das zur Verfügung stehen eines Nachfolgers durch denselben Hersteller oder Bereitsteller.
- Eine extern erstellte IT-Komponente ist überaltert, wenn die mit den aktuell eingesetzten Versionen verbundenen Risiken für das Unternehmen nicht mehr tragbar erscheinen.

Die folgenden Arbeiten in der Literatur beschäftigen sich mit dem Konzept der Überalterung von IT-Komponenten und werden – entsprechend der Taxonomie von Cooper (1988) – repräsentativ für den Stand der Forschung vorgestellt.

Seit mehr als zwei Jahrzehnten untersuchen Forscher sogenannte Legacy-Informationssysteme (Kardasis and Loucopoulos 1998; Bennett 1995). Obwohl es keine hinreichende Bedingung zu sein scheint, da der Fokus bei der Definition meist auf bestimmten Aspekten wie z.B. Erweiterbarkeit liegt, zeichnen sich doch alle Legacy-Systeme durch ein hohes Alter aus. Dies muss nicht nur die Software selbst betreffen, sondern kann auch die entsprechende Hardware betreffen. Typische Probleme in Kontext von Legacy-Systemen sind z.B. langsame und teure Hardware, hohe Wartungskosten und Schwierigkeiten bei der Integration mit anderen Informationssystemen (Bisbal et al. 1999).

Im Rahmen von IT-Controlling-Ansätzen wird häufig der Lebenszyklus einer IT-Komponente betrachtet. Dieser kann nach Zarnekow et al. (2004) in die Phasen Planung, Erstentwicklung, Produktion, Weiterentwicklung und Außerbetriebnahme unterteilt werden. Dabei wird das Gesamalter einer IT-Anwendung definiert als der „Zeitraum vom Beginn der Planung bis zur Außerbetriebnahme, bzw. bei noch in Produktion befindlichen IT-Anwendungen bis zum Zeitpunkt der Untersuchung“. Der Grad an Weiterentwicklung wird entsprechend bei der Altersbetrachtung vernachlässigt.

Im Zuge der Erforschung von Ursachen für die Komplexität von Anwendungslandschaften hat Mocker (2009) das Alter von Informationssystemen als wesentlichen Treiber identifiziert. Das Alter wurde hier definiert als die Anzahl an Jahren seit dem ersten go-live Tag der Anwendung. Auch hier spielt das Ausmaß an geleisteter Wartung und Weiterentwicklung keine Rolle für das Alter. Außerdem konnte kein Zusammenhang zwischen dem Alter einer Anwendung und Komplexitätseffekten wie funktionaler Überlappung oder Abweichung von Standards beobachtet werden.

Dass die Dauer der Existenz einer IT-Komponente – also ihr Alter – Auswirkungen auf den Einsatz neuer Technologien haben kann zeigen Fürstenau and Kliewer (2015) durch die Entwicklung eines entsprechenden Simulationsmodells. Der sogenannte Lock-In Effekt bei der Auswahl von Technologien wird auch bereits von Arthur (1989) beschrieben und zeigt wie schwierig es sein kann, etablierte Technologien durch neue zu ersetzen. Auch hier spielt das Alter der Technologie eine zentrale Rolle.

Ein intuitives Verständnis des Alters einer IT-Komponente findet sich bei Hanschke (2014), die das „Alter“ neben einer Menge weiterer Faktoren in die Betrachtung des „Gesundheitszustands“ einer Komponente miteinbezieht. Dieser Gesundheitszustand wird qualitativ bestimmt und dient dazu, funktional ähnliche IT-Komponenten miteinander vergleichbar zu machen. Die Überalterung der Gesamtheit der IT-Komponenten wird als mögliches Problem angesehen – eine weitere Konkretisierung des Begriffs erfolgt jedoch nicht.

### 3 Konzeptualisierung der Überalterung von IT-Architekturen

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt, wird das Alter von IT-Komponenten in der Literatur an verschiedenen Stellen diskutiert, jedoch nicht eindeutig und übergreifend definiert. In der Mehrzahl der Fälle wird die vergangene Zeit seit dem Einführungstermin für die Bemessung des Alters herangezogen. Diese Definition weist jedoch Defizite auf, die in der Folge erörtert, und in Abschnitt 3.2 durch eine alternative Definition behoben werden.

#### 3.1 Defizite typischer Altersbetrachtungen von IT-Komponenten

Die Bestimmung des Alters einer IT-Komponente auf Basis des Tags der Einführung im Unternehmen greift in vielerlei Hinsicht zu kurz. Zum einen setzt sich eine IT-Komponente oft aus anderen IT-Komponenten zusammen (The Open Group 2011) was die Frage der Altersaggregationsmöglichkeit aufwirft. Zum anderen unterliegen IT-Komponenten der Wartung und Weiterentwicklung (Zarnekow et al. 2004) was die Frage der genauen Bedeutung von Alter in diesem Kontext aufwirft. Hinzu kommt, dass vor allem bei Kaufprodukten, der Tag der Einführung nicht mit dem tatsächlichen Tag der Fertigstellung gleichgesetzt werden kann und ein entsprechendes Produkt dadurch deutlich älter sein kann. Nach der Erstentwicklung findet im Rahmen des Software Release Managements die koordinierte Weiterentwicklung des Produkts statt, dass zu verschiedenen Zeitpunkten als lauffähige Version herausgegeben wird (Ramakrishnan 2004). Betrachtet man derartige Produkte genauer, erkennt man, dass sich ein Produkt im Laufe seines Bestehens mehr als deutlich ändern kann und eine neue Version auch einem neuen Produkt entsprechen kann.

Ein anschauliches Beispiel hierfür ist das von Microsoft entwickelte Betriebssystem Windows. Zum einen würde man kontraintuitiv eine Installation des gerade erschienenen Windows 10 als 30 Jahre alt bezeichnen, aufgrund der Tatsache, dass Windows 1.0 am 20. November 1985 veröffentlicht wurde. Zum anderen würde eine Firma, die im Jahr 2006 Windows XP einführt, diese IT-Komponente im Jahr 2007 nicht als ein Jahr alt ansehen, sondern vielmehr als sechs Jahre alt, da die Version bereits 2001 auf dem Markt erschien. Obwohl die Komponente in 2006 gerade erst angeschafft wurde, war sie also ggf. schon alt.

Auch wenn eine IT-Anwendung noch relativ klar von IT-Komponenten wie Betriebssystemen oder Datenbanken (ohne die die Anwendung nicht in Betrieb genommen werden kann) getrennt werden kann, ist dies bei anderen IT-Komponenten nicht trivial. Verwendet eine IT-Anwendung eine Programmiersprache oder bindet sie Bibliotheken ein, stellt sich die Frage welche Auswirkung deren Alter auf das Alter der IT-Anwendung hat. Hinzu kommt, dass das Alter von IT-Komponenten nur sehr schwer vergleichbar ist. Je schneller die Entwicklung entsprechender Komponenten voranschreitet, desto schneller altern sie. Diesem Aspekt wird mit einer reinen Zeitbetrachtung nicht Rechnung getragen.

Um Überalterung erfassbar, vergleichbar und quantifizierbar zu machen, ist entsprechend ein weitergehendes Alterskonzept notwendig, das für alle IT-Komponenten angewendet werden kann.

#### 3.2 Alter und Überalterung von IT-Komponenten

Das Release-Management stellt ein typisches Vorgehen dar, mit Hilfe dessen Abhängigkeiten zwischen Releases von IT-Komponenten überwacht und Schwierigkeiten hinsichtlich der Stabilität der Komponenten begegnet werden soll (Ramakrishnan 2004). Im Sinne der IT-Architektur unterliegen alle Arten von IT-Komponenten, also sowohl Anwendungen als auch deren technische



Komponenten einem Releasezyklus. Der Releasezyklus kann dabei sowohl exogen (durch den Produkthersteller oder -bereitsteller) als auch endogen (bei Eigenentwicklung durch das Unternehmen selbst) gesteuert sein. Im Gegensatz zur Zeit seit der Einführung stellt der Releasezyklus mit der darin definierten Vorgänger-Nachfolger-Beziehung eine stabile Grundlage für die Betrachtung des Alters von IT-Komponenten dar. Diese Betrachtung impliziert jedoch die Verwendung einer Ordinalskala, da die Abstände zwischen einzelnen Releases nicht identisch sein müssen, unabhängig ob nun Zeit, Funktionsumfang oder andere Kriterien für einen Vergleich herangezogen werden. Die Häufigkeit einzelner Releases derselben IT-Komponente im Unternehmen lässt sich entlang der Vorgänger-Nachfolger-Beziehung auf eine Verteilungsfunktion umlegen. Die „Gestalt“, d.h. die Lage, dieser Verteilungsfunktion wiederum gibt Hinweise auf das Alter der entsprechenden IT-Komponente. Entsprechend bieten sich Lageparameter, wie Mittelwert, Median, Standardabweichung, Quantilsabstand oder Schiefe, als Kennzahlen für die Aggregation der Lage und damit die Bestimmung des Alters im jeweiligen Kontext an.

## 4 Eine Kennzahl für die Überalterung von IT-Komponenten

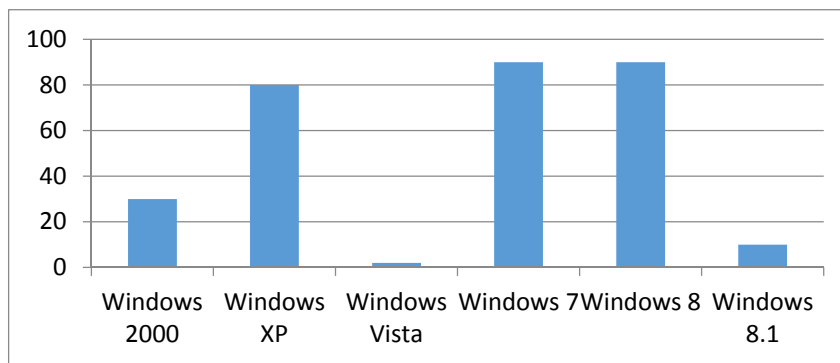
In der Literatur findet sich eine Vielzahl an Ansätzen um eine Kennzahl zu entwickeln. Dieser Beitrag folgt dem Goal-Question-Metric (GQM) Ansatz von Basili and Rombach (1988), um eine Kennzahl zur Quantifizierung des Alters von IT-Komponenten, basierend auf Abschnitt 3, zu entwickeln. Der GQM-Ansatz besteht dabei aus drei Schritten:

1. Definition eines Ziels – im Beitrag: Analyse und Bewertung der *IT-Architektur* im Hinblick auf die *Alterung* der *IT-Komponenten* aus dem Blickwinkel des *IT-Architekten*
2. Verfeinerung des Ziels durch Fragen – im Beitrag: Wie ist die *Lage*, d.h. wie groß sind die *Lageparameter*, der Verteilung von Instanzen einer IT-Komponente über Releases?
3. Operationalisierung der Fragen durch Kennzahlen.

Der dritte Schritt, die Operationalisierung, erfolgt in den nächsten beiden Abschnitten, in denen zuerst gewünschte Eigenschaften einer derartigen Kennzahl abgeleitet werden und anschließend mögliche Realisierungen diskutiert werden.

### 4.1 Gewünschte Eigenschaften einer Überalterungskennzahl

In Übereinstimmung mit der Argumentation aus Abschnitt 3 betrachten wir die absolute Häufigkeit der installierten Releases einer IT-Komponente geordnet entsprechend der Vorgänger-Nachfolger-Beziehung zwischen den Releases. Bild 1 zeigt eine beispielhafte Verteilung von Windows-Betriebssysteminstanzen mit absoluten Häufigkeiten.



**Bild 1: Verteilung von Betriebssysteminstanzen hinsichtlich ihrer Releases**

Der naive Ansatz, pro Release das Alter zu bestimmen und den daraus resultierenden Durchschnittswert mit einem definierten Zielwert zu vergleichen, lässt sich – wie bereits in Abschnitt 3 diskutiert – nicht ohne Schwierigkeiten umsetzen (Unklarheit des Alters: Datum der Veröffentlichung vs. Datum des letzten Updates). Daneben lässt sich ein Zielwert des Alters nicht allgemein, d.h. für beliebige IT-Komponenten, formulieren; eine spezifische Formulierung bringt weiteren Aufwand mit sich und bedarf tiefgreifender Kenntnisse über die entsprechende Komponente.

Durch Übergang von absoluten zu relativen Häufigkeiten lässt sich eine Verteilungsfunktion gewinnen, die sich zusammenfassend durch Lageparameter, wie Median, Standardabweichung und Schiefe, aggregiert betrachten lässt. Um eine geeignete Kennzahl für die Überalterung der IT-Komponente darzustellen, muss der Lageparameter die folgenden Eigenschaften erfüllen:

1. Je mehr alte Releases im Einsatz sind, desto höher ist das Alter
2. Wird eine Instanz auf ein aktuelleres Release migriert, sinkt das Alter
3. Ältere Releases nehmen stärker Einfluss auf das Alter als weniger alte
4. Das Verhältnis der Zahl der Instanzen pro Release bestimmt das Alter einer IT-Komponente, nicht die Gesamtzahl der Instanzen
5. Die Verteilungsfunktion definiert nur Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen zwischen den Releases, keine Abstände
6. Die Verfügbarkeit eines neuen Releases (auch wenn noch nicht eingesetzt) führt zu einer Erhöhung des Alters

Die Anforderungen 1 und 2 ergeben sich direkt aus der Arbeitsdefinition der Überalterung. Anforderungen 3 und 4 sind typischerweise gewünschte Eigenschaften bei der Definition von Kennzahlen zur Beschreibung von Verteilungen, wie z.B. bei Konzentrationsmaßen (Hall and Tideman 1967; Shapiro 2010). Anforderung 5 spiegelt sowohl die genannten Einschränkungen hinsichtlich der typischerweise verfügbaren Daten wider als auch die Schwierigkeit das Alter der Releases zu bestimmen. Es ist z.B. vorstellbar, dass ein Datenbanksystem zunächst in der Release 5.8 erscheint und dann neue Funktionen in Release 6 veröffentlicht werden. Da der Umstieg auf Release 6 mit viel Aufwand verbunden ist, könnte der Hersteller auch ein Jahr später noch ein Release 5.9 herausgeben, um Fehler aus Release 5.8 zu beheben. Die zeitliche Abfolge der Releases spiegelt also nicht zwangsweise den in einem Unternehmen typischerweise vorgefunden Migrationsweg wider. Einzig die Vorgänger-Nachfolger-Beziehung gibt Aufschluss über die

„Reihenfolge“ von Releases. Daraus folgt, dass die zu entwickelnde Kennzahl auf Basis ordinalskalierten Daten berechenbar sein muss. Eine Annahme von Intervallskalierung ist nicht möglich, da weder der Zeitraum zwischen dem Erscheinen von Releases noch der mit der Migration verbundene Aufwand konstant sind. Anforderung 6 spiegelt den Einfluss des technologischen Fortschritts wider und sorgt dafür, dass die Überalterung nach dem Erscheinen neuer Releases zunimmt.

#### 4.2 Einführung einer Überalterungskennzahl für IT-Komponenten

Unter den denkbaren Lageparametern zur Beschreibung der Verteilungsfunktion der Releases bietet sich insbesondere der Parameter der Schiefe zur Erfassung des Alters an. Dabei können verschiedene Schiefemaße verwendet werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick gängiger Schiefemaße sowie deren jeweilige Berechnungsvorschrift auf Basis der Arbeiten von Handl (1985) und Klein (1999).

Schiefemaß	Quelle	Berechnungsvorschrift	Konstruktionsbasis
$SO_I$	Klein (1999)	$-(k-1) + 2 \sum_{i=1}^{k-1} F_X(x_i)$	Werte der Verteilungsfunktion
$b_2(a)$	Groeneveld and Meeden (1984)	$\frac{F^{-1}(0,25) + F^{-1}(0,75) - 2F^{-1}(0,5)}{F^{-1}(0,75) - F^{-1}(0,25)}$	Median und Quantilsabstand
$S$	Oja (1981)	$\frac{E(X) - F^{-1}(0,5)}{\sqrt{Var(X)}}$	Median und Standardabweichung
$MC_n$	Brys et al. (2004)	$med_{x_i \leq m_n \leq x_j} \frac{(x_j - m_n) - (m_n - x_i)}{x_j - x_i}$	Median und Werte der Verteilungsfunktion

**Tabelle 1: Typische Schiefemaße aus der Literatur**

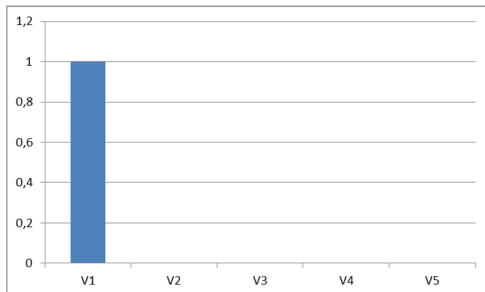
Jedes der genannten Schiefemaße erfüllt Anforderungen 1 bis 4. Anforderung 6 ist in der engeren Definition nicht erfüllt, lässt sich jedoch durch geeignete Anpassung der Berechnungsvorschrift erfüllen. Hierzu müssen bei der Berechnung des Medians sowie der Standardabweichung die neueren Releases als Merkmalsausprägungen mit der Häufigkeit 0 berücksichtigt werden. Da jedoch außer dem von Klein (1999) vorgeschlagenen Maß alle anderen Maße Abstände zwischen den einzelnen Merkmalsausprägungen bei der Berechnung verwenden, z.B. Quantilsabstände oder Standardabweichungen, können sie für ordinalskalierte Merkmale nicht angewendet werden. Entsprechend erfüllt nur das Schiefemaß von Klein (1999) alle gewünschten Eigenschaften. Wendet man dieses Maß auf das in Bild 1 gezeigte Beispiel an, ergibt sich folgende Rechnung:

$$-(6-1) + 2 \left( \frac{30}{300} + \frac{110}{300} + \frac{121}{300} + \frac{202}{300} + \frac{292}{300} \right) = -0,027.$$

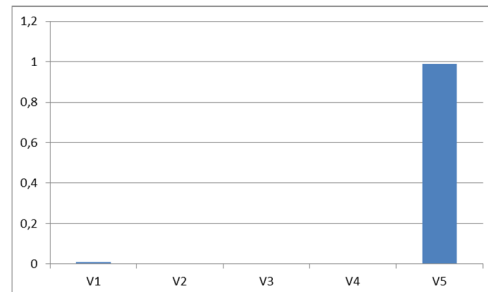
Das negative Vorzeichen sowie der geringe Betrag zeigen, dass die Verteilung eine leichte Linksschiefe besitzt und somit geringfügig mehr neue als alte Versionen im Einsatz sind. Teilt man das Ergebnis durch  $k-1$ , wobei  $k$  die Anzahl der Merkmalsausprägungen repräsentiert, erhält man ein zwischen  $-1$  und  $1$  normiertes Schiefemaß, dass alle gewünschten Eigenschaften erfüllt.

Bei der Berechnung der Schiefe der Verteilungsfunktion werden die im Unternehmen eingesetzten Releases der IT-Komponente, beginnend mit dem ältesten Release, betrachtet. Releases, die im Unternehmen aktuell nicht eingesetzt werden, müssen im Merkmal berücksichtigt werden, wenn

diese auf dem geplanten Migrationspfad der älteren Releases liegen. Die größte Merkmalsausprägung wird durch das aktuellste am Markt verfügbare Release oder das aktuellste eingesetzte Release bestimmt – abhängig davon, ob die Migration auf das Marktrelease für möglich und sinnvoll erachtet wird.



**Bild 2: Extreme Rechtsschiefe (negativ)**

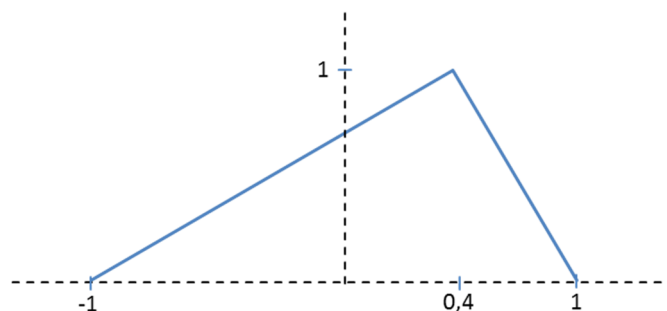


**Bild 3: Extreme Linksschiefe (positiv)**

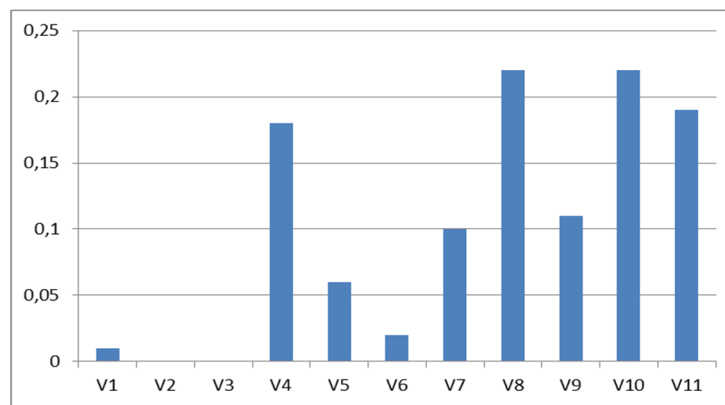
Bild 2 und Bild 3 veranschaulichen das Verhalten der Kennzahl bei extremer Rechts- bzw. Linksschiefe in relativen Häufigkeiten.

### 4.3 Visualisierung der Überalterung

Für die Kommunikation und zur Erhöhung der Erfassbarkeit von Eigenschaften der IT-Architektur werden Visualisierungsformen weithin verwendet (Hanschke 2014; Lankes et al. 2005). Da die Interpretation der im vorherigen Kapitel vorgestellten Kennzahl zur Quantifizierung von Überalterung Wissen über den Wertebereich der Kennzahlenergebnisse sowie der Bedeutung der jeweiligen Vorzeichen erfordert, soll zusätzlich eine intuitive Visualisierung vorgestellt werden. Die typischerweise verwendeten Box-Plots erscheinen hier ungeeignet, da auch sie detailliertes Wissen über Quantile und deren Konstruktion erfordern. Histogramme lassen sich ohne zusätzliches Grundlagenwissen interpretieren, bieten jedoch keine aggregierte Perspektive auf die Verteilung und lassen das Alter nicht unmittelbar erkennen. Durch eine auf der Schiefe basierte Visualisierungsform wird die Überalterungsinformation direkt erkennbar gemacht. Die Visualisierungsform orientiert sich an Charakteristika der Histogramme, verkürzt dieser aber weiter zu einem Dreieck. Die Konstruktion des Dreiecks erfolgt zunächst durch die Platzierung einer (später wieder entfernten) Seite in der Horizontalen. Die dieser Seite gegenüberliegende Spitze wird in einem definierten Abstand (z.B.  $\frac{1}{2}$  Seitenlänge) positioniert, indem das Intervall möglicher Kennzahlenergebnisse  $[-1;1]$  auf die Seitenlänge projiziert und das Vorzeichen negiert wird. Bild 4 zeigt eine beispielhafte Darstellung für einen Überalterungswert von -0,4.



**Bild 4: Beispielhafte Visualisierung von Überalterung für den Wert -0,4**



**Bild 5: Beispielhafte Verteilung mit relativen Häufigkeiten**

Im Gegensatz zu einem Histogramm, das für jedes Release die tatsächliche relative oder absolute Häufigkeit zeigt, skizziert die Visualisierungsform aus Bild 4 lediglich die Verteilung der Instanzen. Dadurch werden weitere Details aus dem Histogramm – vgl. Bild 5 – unterdrückt und insbesondere die Vergleichbarkeit des Alters unterschiedlicher IT-Komponenten wird erhöht. Verzichtet man auf das Koordinatensystem, ergibt sich eine schematische Darstellung der Überalterung.

## 5 Fallstudie: IT-Überalterung bei einer Versicherungsgruppe






Für die Evaluierung des entwickelten quantitativen Modells im Sinne von Hevner et al. (2004) wird die Kennzahl beispielhaft auf die IT-Architektur einer Versicherungsgruppe angewendet. Das Feedback aus der entsprechenden Fallstudie (Benbasat et al. 1987) wird für die argumentative Validierung herangezogen. Die Fallstudie wurde zwischen Juni und August 2015 bei einer Versicherungsgruppe durchgeführt. Das Unternehmen beschäftigt mehr als 10.000 Mitarbeiter in verschiedenen Rollen im IT-Umfeld. An der Fallstudie beteiligt war eine zentrale Organisationseinheit, die für die Gestaltung der IT-Architektur verantwortlich ist. Ziel der Organisationseinheit ist es u.a. Handlungsbedarfe in der IT-Architektur zu identifizieren und im Rahmen dessen Überalterung der IT-Komponenten über verschiedene Unternehmensbereiche vergleichbar zu analysieren.

Für die Fallstudie wurden Ausschnitte der Dokumentation der IT-Architektur herangezogen. Diese Ausschnitte umfassen Informationen über die in verschiedenen technischen Domänen, wie Betriebssysteme, eingesetzte Releases von IT-Komponenten sowie die Häufigkeit ihres Einsatzes. Tabelle 2 illustriert am Beispiel von Datenbankmanagementsystemen (DBMS) anonymisiert, wie viele Installationen von welchen Releases (aufsteigend nummeriert) im Einsatz sind.

DBMS	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
DB1	8	2	37	100	4	9		
DB2	16	135	13	16	0	0		
DB3	12	23	8	0				
DB4	8	154	56	331	1			
DB5	1	135	2	6	30	1	51	2

**Tabelle 2: Verteilung der eingesetzten Datenbankmanagementsysteme**

Auf Basis dieser Informationen kann die Überalterung eines jeden Datenbankmanagementsystems berechnet werden. Tabelle 3 zeigt die entsprechenden Ergebnisse sowie deren Ordnung. Zusätzlich ist die in Kapitel 4.3 vorgestellte Visualisierung enthalten.

DBMS	Überalterung	Rang	Visualisierung
DB1	-0,0925	4	
DB2	0,5356	1	
DB3	0,3953	2	
DB4	-0,1482	5	
DB5	0,2456	3	

**Tabelle 3: Überalterungswerte für Datenbankmanagementsysteme**

Die Ergebnisse der Analyse wurden verantwortlichen IT-Architekten und IT-Executives aus der zentralen Organisationseinheit vorgestellt. Dabei wurde durch die drei befragten Experten besonders hervorgehoben, dass durch „die normierte Quantifizierung der Überalterung Vergleichbarkeit über technischen Domänen und Ländergesellschaften hinweg hergestellt“ wird. Dies erlaubt eine Priorisierung weiterer Aktivitäten auf die entsprechenden IT-Komponenten, bzw. Bereiche der IT, wie z.B. Ländergesellschaften.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel detaillierten wir den Begriff der Überalterung von IT-Komponenten durch eine Definition, die nicht das tatsächliche Altern, sondern die Vorgänger-Nachfolger-Beziehung zwischen Releases heranzieht. Hierdurch wird es möglich IT-Komponenten aus verschiedenen technischen Domänen, so z.B. Betriebssysteme und Datenbankmanagementsysteme, im Hinblick auf deren Überalterung miteinander zu vergleichen. Durch diese Definition war es möglich die Überalterung selbst als Lageparameter der entsprechenden Verteilungsfunktion der Häufigkeit von Installationen der Releases aufzufassen. Das Schiefemaß nach Klein (1999) mit nur geringen Anforderungen an die verfügbaren Daten stellt einen geeigneten Lageparameter dar. In einem Fallbeispiel konnten wir die Kennzahl sowie eine intuitive Visualisierung in einem praktischen Umfeld erproben; vergleichende Analysen basierend auf Experteninterviews erlaubten die Ergebnisse weiter abzusichern und zu qualifizieren.

Die zentrale Einschränkung des vorgestellten Modells liegt in den Entscheidungsfreiheiten, welche bei der Bestimmung der zu betrachtenden Releases entstehen. Sowohl die Möglichkeit im Unternehmen nicht eingesetzte (Minor-)Releases zu überspringen als auch die Wahlfreiheit beim aktuellsten zu betrachtenden Release beeinflussen nicht nur die absoluten Kennzahlsergebnisse, sondern auch den Vergleich unterschiedlicher IT-Komponenten. Im Rahmen weiterführender Diskussionen und Interviews mit Experten müssen hier Verfahren untersucht werden, subjektive Einflüsse bestmöglich zu minimieren. Denkbar wäre eine komplette Aufzählung aller (Minor)Releases ohne Auslassung bis zum aktuellsten verfügbaren Release.

Eine weitere Limitation des Ansatzes betrifft Abhängigkeiten zwischen IT-Komponenten, bzw. deren Releases. Einerseits wird nicht betrachtet, dass das (Minor-)Release einer Komponente nur auf Grundlage eines spezifischen Releases einer anderen Komponente lauffähig ist. Andererseits, wird die Ablösung einer IT-Komponente aus einem Bereich, z.B. DBMS, mit einer alternative IT-Komponente aus dem gleichen Bereich nicht betrachtet. Beide Betrachtungen der Abhängigkeiten

zwischen IT-Komponenten müssen jedoch in der Praxis durch entsprechende Experten vorgenommen werden. Letztgenannte Abhängigkeit ist insbesondere dort bedeutend, wenn, z.B. durch Einstellung der Weiterentwicklung einer IT-Komponente, keine weitere Releases erscheinen, was sich in der Kennzahl dadurch widerspiegelt, dass keine Alterung stattfindet. Im Licht dieser Limitationen steht zu bemerken, dass die im Artikel vorgestellte Kennzahl als Indikator zur Identifikation überalternder IT-Komponenten dienen kann, jedoch nicht den Anspruch erhebt Expertenanalysen komplett zu ersetzen. Nur in diesen Analysen lassen sich weitere Randbedingungen, so z.B. auch die Technologieübernahmestrategie (Rogers 1962) des Unternehmens – early adopter, late majority, etc. – betrachten.

Abschließend muss bemerkt werden, dass die vorgestellte Kennzahl sich auf extern bezogenen IT-Komponenten, nicht jedoch auf intern erstellte oder durch end-user-computing erzeugte Komponenten bezieht. Eine Anwendung auf derartige Komponenten setzt ein systematisches Releasemanagement voraus, welches zumindest in zweitgenanntem Fall in der Regel nicht vorliegt. Künftige Forschungsarbeiten könnten aufbauend auf die hier vorgestellte Kennzahl weitere Indikatoren für die Überalterung intern erstellter IT-Komponenten entwickeln.

## 7 Literatur

- Arthur WB (1989) Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal* 99(394):116–131
- Basili VR, Rombach HD (1988) The TAME project: Towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on Software Engineering* 14(6):758–773
- Benbasat I, Goldstein DK, Mead M (1987) The case research strategy in studies of information systems. *MIS Quarterly*:369–386
- Bennett K (1995) Legacy systems: coping with stress. *IEEE Software* 12(1):19–23
- Bisbal J, Lawless D, Wu B, Grimson J (1999) Legacy information systems: Issues and directions. *IEEE Software* 16(5):103–111
- Brys G, Hubert M, Struyf A (2004) A robust measure of skewness. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 13(4):996–1017
- Buchsein R, Victor F, Günther H, Machmeier V (2008) IT-Management mit ITIL® V3: Strategien, Kennzahlen, Umsetzung. Springer-Verlag
- Christensen CM, Eichen, Stephan F. von der, Matzler K (2010) Innovators Dilemma: Warum etablierte Unternehmen den Wettbewerb um bahnbrechende Innovationen verlieren, 1., Auflage. Vahlen, Franz, München
- Cooper HM (1988) Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews. *Knowledge in Society* 1(1):104–126
- Dutta D, Bose I (2015) Managing a Big Data project: The case of Ramco Cements Limited. *International Journal of Production Economics* 165:293–306
- Fürstenau D, Kliewer N (2015) Exploring Enterprise Transformation from a Path Dependence Perspective: A Recycling Case and Conceptual Model. In: Thomas O, Teutenberg F (eds) *Proceedings der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2015)*, pp 363–377
- Gilpin R, Gilpin JM (2000) *The Challenge of Global Capitalism: The World Economy in the 21st Century*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA
- Groeneveld RA, Meeden G (1984) Measuring Skewness and Kurtosis. *The Statistician* 33(4):391–399

- Hall M, Tideman N (1967) Measures of concentration. *Journal of the American Statistical Association* 62(317):162–168
- Handl A (1985) Maßzahlen zur Klassifizierung von Verteilungen bei der Konstruktion adaptiver verteilungsfreier Tests im unverbundenen Zweistichproben-Problem. Dissertation, Freie Universität Berlin
- Hanschke I (2014) Lean IT-Management—einfach und effektiv: Der Erfolgsfaktor für ein wirksames IT-Management. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG
- Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design science in information systems research. *MIS Quarterly* 28(1):75–105
- International Organization for Standardization (2007) ISO/IEC 42010:2007 Systems and Software Engineering - Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems (ISO/IEC 42010 IEEE Std 1471-2000)
- Jahn B, Pfeiffer M (2014) Die digitale Revolution—Neue Geschäftsmodelle statt (nur) neue Kommunikation. *Marketing Review* St. Gallen 31(1):79–93
- Kardasis P, Loucopoulos P (1998) Aligning legacy information systems to business processes. In: *Advanced Information Systems Engineering*, vol 1413. Springer, pp 25–39
- Klein I (1999) Systematik der Schiefemessung für ordinalskalierte Merkmale. Diskussionspapiere, Nürnberg
- Lankes J, Matthes F, Wittenburg A (2005) Softwarekartographie: Systematische Darstellung von Anwendungslandschaften. In: Ferstl OK, Sinz EJ, Eckert S, Isselhorst T (eds) 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik. Physica-Verlag, pp 1443–1462
- Low C, Chen Y, Wu M (2011) Understanding the determinants of cloud computing adoption. *Industrial management & data systems* 111(7):1006–1023
- March ST, Smith GF (1995) Design and Natural Science Research on Information Technology. *Decision Support Systems* 15(4):251–266
- Mocker M (2009) What is Complex about 273 Applications? Untangling Application Architecture Complexity in a case of European Investment Banking. In: 42nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)
- Nunamaker JF, Chen M, Purdin TT (1991) Systems Development in Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems* 7(3):89–106
- Oja H (1981) On location, scale, skewness and kurtosis of univariate distributions. *Scandinavian Journal of Statistics*:154–168
- Peppers K, Tuunanen T, Rothenberger MA, Chatterjee S (2007) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems* 24(3):45–77
- Ramakrishnan M (2004) Software release management. *Bell Labs Tech. J.* 9(1):205–210. doi: 10.1002/bltj.20015
- Rogers EM (1962) Diffusion of innovations. Simon and Schuster
- Shapiro C (2010) The 2010 horizontal merger guidelines: From hedgehog to fox in forty years. *Antitrust Law Journal*:49–107
- The Open Group (2011) TOGAF Version 9.1(G116). <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/>
- Zarnekow R, Brenner W, Scheeg DJ (2004) Untersuchung der Lebenszykluskosten von IT-Anwendungen. *Wirtschaftsinformatik* 46(3):181–187



## **Teilkonferenz Student Track**

Ziel des Student Track ist es, Studierenden die Möglichkeit zu eröffnen, sich aktiv in die Multikonferenz Wirtschaftsinformatik einzubringen. Angesprochen sind Studierende auf Master-Ebene, die sich entweder für eine IT-bezogene Position in der Wirtschaft oder für eine Promotion in der Wirtschaftsinformatik interessieren.

Der Student Track soll eine Plattform bieten, über die sich Studierende, Wissenschaftler und Praktiker begegnen und im fachlichen Diskurs intensiv kennenlernen. Studierende aller Standorte und Fachrichtungen der Wirtschaftsinformatik sind aufgerufen, qualitativ hochwertige Arbeiten einzureichen. Auch Studierende, die keinen eigenen Beitrag einreichen, sind herzlich willkommen, die Vorträge zu besuchen sowie am Rahmenprogramm des Student Tracks teilzunehmen.

Der Student Track ist offen für verschiedene Schwerpunktthemen der Wirtschaftsinformatik. Eingeladen werden Beiträge, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven mit der Gestaltung und Nutzung von Informations- und Kommunikationssystemen in Organisationen befassen. Der Student Track soll Freiräume bieten, individuelle thematische Ausrichtungen der Studierenden zu berücksichtigen.

*Jan vom Brocke, Bernd Schenk, Markus Weinmann*

(Teilkonferenzleitung)



# The Energy Revolution towards Smart Meters and the Neglected User: A Gamified Energy Feedback System Prototype

Diaa Abdelaziz<sup>1</sup>, Carl Heckmann<sup>2</sup>, and Alexander Mädche<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Mannheim, Institute for Enterprise Systems, dabelaz@mail.uni-mannheim.de

<sup>2</sup> University of Mannheim, Institute for Enterprise Systems, heckmann@es.uni-mannheim.de

<sup>3</sup> Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Information Systems and Marketing and University of Mannheim, Institute for Enterprise Systems, alexander.maedche@kit.edu

## Abstract

Recent years have seen a rapid deployment across the world of an Internet of Things (IoT) solution referred to as smart meters, with Europe expected to reach 80% of households by 2020. Many researchers have been focusing on technical aspects of smart meters neglecting the end consumer which is resulting in deployment failures such as in the Netherlands. On the other hand consumers are resisting governments on their wide rollouts and still questioning the benefits of smart meters due to issues mainly on privacy and security. To address this void, this paper presents a new approach to increase user engagement in using smart meter systems. We applied gamification in a smart meter feedback system as the second cycle of a design science research project. Applying gamification in that context is expected to change the user behavior towards smart meters and electricity consumption. We follow three main aspects in order to gamify smart meter feedback systems as follows: challenges and clear goals, social interactions and finally autonomy and feedbacks. We contribute to both practice and research by gamifying a smart meter provider's system in Germany. As a result we present three main aspects to follow in order to gamify a smart meter feedback system and open future research opportunities in changing user behavior and studying user engagement towards smart meters.

## 1 Introduction

Decisions have been taken from governments across the world to rollout smart meters on a large scale (Carroll et al. 2014). Due to its high economic importance for saving energy as well as environmental importance in reducing Co2 emissions (McKerracher and Torriti 2013; Pé 2014). By 2020, the rollout is expected to reach 80% of consumers in Europe (McKenna et al. 2012). Smart meter is the use of ICT in electricity meters to track consumer electricity consumption in real time within a timespan of less than an hour (Weiss et al. 2012). On the other hand, researches have been focusing on the technical aspects of smart meters, neglecting consumers (McKenna et al. 2012). At the same time, the success of smart meter deployment and the requirements associated with rollouts highly depend on the consumer potential to use it on a daily basis (Carroll et al. 2014). Nevertheless,

consumers have been resisting the use of smart meters mainly due to privacy and security concerns (Verbong et al. 2013). A real case example of a deployment failure can be found in the Netherlands, where the focus was on the commercial and technical aspects, yet neglecting end user interests (Hoenkamp et al. 2011).

Using game mechanics has been identified to increase the motivation and enjoyment of using systems, services, and activities (Francisco et al. 2012). Gamification is defined as “the use of game design elements in non-game context to create a sense of playfulness so that participation becomes enjoyable and desirable” (Schacht et al. 2014). Currently, there are some energy feedback systems using gamification but not taking smart meters into consideration, or smart meter feedback systems using persuasive technology to increase the user engagement but not gamification. Some of those solutions are offered by Opower, Bidgely and eWave (Killerud 2014). Persuasive technology uses computers to persuade users, in which over time the computer learns more about the user such as the location, routine, time of the day and current tasks. This knowledge is then used, to pursue the user (Fogg 2002).

Due to the global importance of rolling out smart meters on one hand and consumer concerns in using smart meters on the other hand (Depuru et al. 2011), we are going to focus in our research on the consumer side by introducing gamification to a smart meter feedback system. Games are highly addictive with 66% of the German population considered as active gamers (Erenli 2013; Jiang et al. 2015). The gamified application proposed is expected to increase consumer engagement. Hence saving their electricity consumption and reducing Co2 emissions. If the user is helping to solve one of the world’s biggest environmental challenges while enjoying it, they will be more likely to stick to it. Moreover, there are no gamified energy feedback systems found that use smart meters.

In our research we will fill those gaps and address the following research question: *How can gamification be applied in a smart meter feedback system to positively influence consumption behavior?* In our first cycle of design science project, we introduced Smarticity a web-based energy consumption feedback system that uses a smart meter to provide disaggregated consumption data per household device (Heckmann and Mädche 2015; Heckmann et al. 2015). We extend the capabilities of the prototype with a second design science cycle addressing gamification using a human motivation theory (Deci and Ryan 1985).

## 2 Methodology

This study aims at the development of a gamified smart meter energy consumption feedback system allowing consumers to track their energy consumption which is expected to change the user energy consumption behavior. As a result, we follow the approach proposed by Kuechler and Vaishnavi (2008) for developing an IT artefact. The paper describes activities from the second design science cycle (see Figure 1). The first step in our second design science cycle, was to identify similar solutions in research and practice. Therefore, literature review and market review has been carried out on smart meters, energy consumption feedback systems, and gamification. Energy feedback systems such as Opower and Bidgely, were identified in addition to smart meter systems mainly using persuasive technology to increase the user engagement such as Wattson and eWave (Tan 2009). However, there was a lack of gamified smart meter energy feedback systems. In the next step, we searched for a smart meter provider in Germany as our case company. Discovery GmbH was selected providing smart meters to customers in Germany regardless of their region and energy provider. Discovery offers their self-developed energy feedback system, allowing customers to

view and analyze their electricity usage on time. Next, we identified smart meter users' goals and requirements through a guided survey. Twenty-two smart meter users took part in the survey. Based on results taken from this survey and from our first design science cycle on features to be implemented on a smart meter feedback system, we extracted 5 meta-requirements. The matching of the meta-requirements to literature on human behavior, resulted in using the 11 design principles by Groh (2012) (see Table 1). After studying existing literature on game design, game flow, and human motivation, a prototype has been developed applying gamification on a smart meter feedback system using a human motivation theory and taking into account smart meter user requirements from Discovery. Finally, a leaderboard was implemented in our case company as a first step to gamify their energy feedback system.

Phase	Tasks	Task Outcome in Cycle 1	Task Outcome in Cycle 2
Awareness of Problem	Literature Review, Market Research & Expert	Meta-Requirements	Meta-Requirements
Suggestion	Literature Review, Expert Interviews & Conceptualization	Design Principles	Game Design Principles
Development	Implementation of Prototype	Smart Meter Feedback System Prototype	Gamified Prototype
Demonstration	Demonstration of Artifact to Experts	Feasibility	Feasibility
Evaluation	Field Experiment, Guided Survey	Survey User Results	Experiment User
Conclusion	Reflection of Results	Conclusion	Conclusion

Figure 1: Design Science Research Approach, based on Kuechler and Vaishnavi (2008)

The approach used by Kuechler and Vaishnavi (2008) will help us in the next steps to gather user feedback and to evaluate further the solution with a field experiment to monitor the user behavior change in electricity consumption. Each game mechanics will then be adjusted as a trigger for behavioral change.

### 3 Designing a Gamified Smart Meter Feedback System

This section presents theoretical foundations used in applying gamification to the implemented smart meter feedback prototype. A theory of human behavior was applied in order to make sure that the human behavior in using smart meter feedback systems is changed.

#### 3.1 Gamification Research

The most common definition for gamification was used by Deterding et al. (2011) “...*the use of game elements and game design techniques in non-game context*” often targeting a user behavioral change (Koivisto 2013; Zichermann and Cunningham 2011). It is mainly used to increase user's engagement, changing their behavior and stimulating innovation (Salcu and Acatrinei 2013). Systems, education, marketing, sales and private life are few non-gaming environments where game design elements could be used (Huotari and Hamari 2011; Schacht et al. 2014). Additionally,

gamification is more closely related to game or gaming, focusing on design elements and qualities of the game rather than a free-form playing (Deterding et al. 2011). Gamified applications are built on basis of design elements extracted from games, which differentiates them from normal entertainment games that includes playfulness as well as gamefulness (Deterding and Dixon 2011).

Having a deeper look on the reasons behind playing games, four types of players were identified by Bartle (1996). People who play games for their interest to search for secrets and treasures where they want to achieve game related goals, collecting points, and levelling up are referred to as achievers. Those players who use games as a platform to interact with other players by chatting, commenting and helping others for their preference to increase their network, are called socializers. Another player type is referred to as explorers. They tend to explore a game's environment, digging for more information and seeking surprises allowing them to discover the game. Finally, the fourth type of players are the killers. They have a desire to win and to compete with others for the perceived satisfaction to have all top rankings. They tend to cheat or hack the game (Bartle 1996).

On the other hand several game mechanics can be used when applying gamification addressing different player types. A game mechanic can match some player types but not the others (Schacht and Schacht 2012). Schacht and Schacht (2012) classified game mechanics into two subgroups, in-game mechanics that can be applied directly in the application and in-person mechanics addressing a user's emotions. In order to facilitate rewards collection and progression, in-game mechanics such as *points*, *bonuses*, and *achievements*, can be used in addition to *leveling-up* that allows the player to open new challenges. In order to provide feedback, in-game mechanics such as *appointments*, *extinction*, *countdowns*, and *leaderboards* can be used. Last but not least, mechanics that target user behavior engagement can include *community collaboration*, and *virality* to foster aspects of team work (Schacht and Schacht 2012). In-person mechanics depend on the player emotions and feelings which are considered very difficult to measure. However, a game mechanic targeting behavior such as *envy* is triggered from the user's desire to achieve what others have already done when comparison takes place. *Envy* is closely related to *loss aversion*, an in-person mechanic which tends to deduct points from the player as a way of punishment. *Loss aversion* motivates people to continue playing in order to maintain their accomplishments. *Free-lunch* is another in-person mechanic that occurs when a user receives a free reward as a result of another player's accomplishment, however prudence is needed in such aspect in order not to lose autonomy. Finally introducing *epic*, an in-person game mechanic triggered when the players believes they could achieve something bigger than themselves, which keeps them motivated (Schacht and Schacht 2012; Burke and Hiltbrand 1958). Accordingly, a game mechanic can fit to a user and not another due to differences in motives of the players (Schacht and Schacht 2012). As we are dealing with home consumers which could include any of the four player types, we implemented different game mechanics to address various home user player types.

Summing up, gamification is identified by having three main characteristics (Schacht et al. 2014). First, it is a kind of a game since it contains a set of rules, a declarative content, and a social layer. However, it is not an entire game, since it consists of various mechanics from games and finally they are game applications applied in non-game contexts (Schacht et al. 2014). In order to gamify an application, Deterding et al. (2011) analyzed previous researches and concluded five levels of abstraction to be all included in defining gamification. Moreover researchers observed that gamification has a limited effect if focused only on game mechanics for instance points or badges (McKenna et al. 2012; Anderson et al. 2013; Sköklint et al. 2013). The five levels of abstraction from concrete to abstract are as follows: interface design patterns, game design patterns or game

mechanics, game principles and heuristics, conceptual models of game design, and finally game design methods and design process (Deterding et al. 2011). To design the gamified application we implemented the five levels of abstraction. Nevertheless, implementing game elements is only part of a gamified application and the real intention is to change the user's behavior towards smart meters and electricity usage consumption. As the other side of the coin in applying gamification, we focused on some aspects of human behavior (Laschke and Hassenzahl 2011).

### 3.2 Human Behavior Research

It was identified that when game mechanics are only designed for the gamified application and have no meaning in the real world it could be a boring experience (Huotari and Hamari 2011). The human behavior aspect was applied in the gamified application, based on the theory of motivation that shows us reasons and motives for living (Deci and Ryan 1985; Groh 2012). The Self-Determination Theory (SDT) is “the theory of human motivation and personality concerning people growth tendencies and their psychological needs” (Deci and Ryan 1985). The theory describes three needs for motivation as follows: *relatedness* as the universal need to interact and be connected with others, *competence* which is the universal need to be effective and master a problem in a given environment and *autonomy* as the universal need to control one's own life (Deci and Ryan 1985).

Connecting elements of human behavior with gamification would help change user behavior to use applications. Therefore, Groh (2012) thoroughly explained those elements when combined with gamification. To cover the *relatedness* aspect, user's personal goals and interests have to be applied in the application having a meaningful content. If some game mechanics, such as leaderboards or levels, are removed, there should still be useful content. In addition to that, users' achievements should be presented to others of same interests in order to be useful. New users joining the application should be able to follow-up with other existing users. In the context of *competence*, the user should not be obliged to accomplish challenges and tasks in order to facilitate a fun and a pleasurable experience. Interesting challenges could be mapped and provided based on the user goals. Challenges should be visually presented in a structured way and matching the Flow theory, where users should not feel under-challenged nor over-challenged (Csikszentmihalyi 1997). Last but not least, it should be possible for the user to get feedback at any point of time and being cautious of any possible unintended behavior is an important aspect in competence. To overcome a demotivating experience for users and covering the *autonomy* aspect, users should not be forced to use the gamified application and instead have the choice to use it. Finally, rewards should not be provided in a way that makes the user think they are losing autonomy. As a result, extrinsic rewards, such as monetary incentives, could be dangerous if used. Table 1 provides a summary of principles to be used in designing a gamified application, covering the *relatedness*, *competence* and *autonomy* elements of human motivation.

SDT element	Application in Gamification
Relatedness	Connect to personal goals
	Connect to a meaningful community of interests
	Create a meaningful story
	Beware of social context meanings
Competence	Provide interesting challenges
	Provide clear visual varying, and well-structured goals
	Provide juicy feedback
	Beware of unintended behavior
Autonomy	Play is voluntary
	Beware of losing autonomy
	Beware of devaluating activities

**Table 1: Human behavior in gamification design principles (Groh 2012)**

Summarizing the principles used in implementing the prototype, the SDT was used to cover the human behavior aspect to make sure that implementing gamification would match real life as much as possible (Koivisto 2013). Additionally, user requirements were gathered from a smart meter utility company and from our previous design science cycle in implementing a smart meter feedback system based on energy disaggregation. On that basis, the eleven design principles were grouped into three main aspects to be implemented in gamifying smart meter applications. As follows: challenges and clear goals, social interactions, and finally, autonomy and feedback.

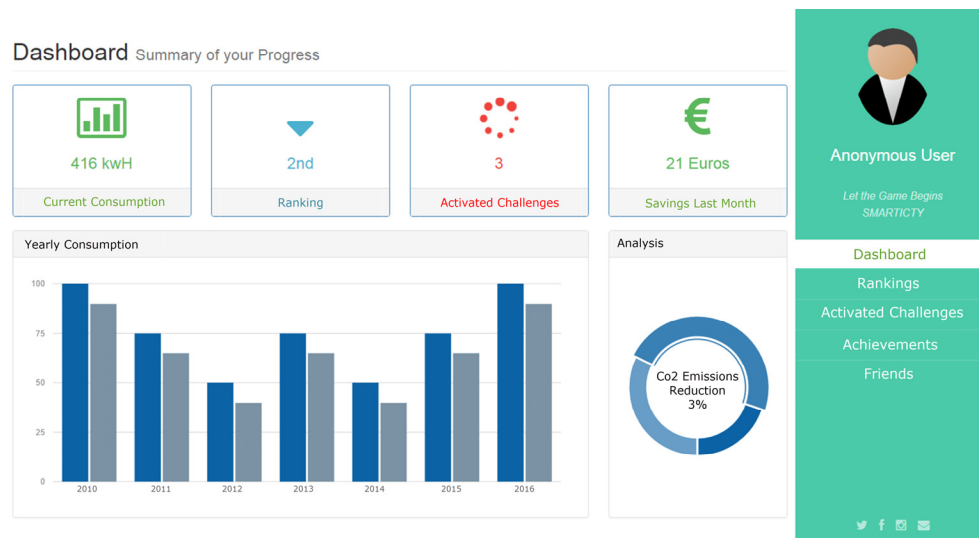
### 3.3 Prototype

To cover the four player types identified by Bartle (1996) and respective game mechanics (Schacht and Schacht 2012), we implemented achievements, points and bonuses, and leveling-up addressing progression. Countdown, leaderboards, extinction addressing feedback. Community collaboration, virality, envy and loss aversion as game mechanics addressing behavior. In this section, we will explain in detail how we implemented the eleven design principles of gamification as described by Groh (2012) in the smart meter feedback system covering the above mentioned mechanics as well as human behavior aspects.

#### 3.3.1 Challenges and Clear Goals

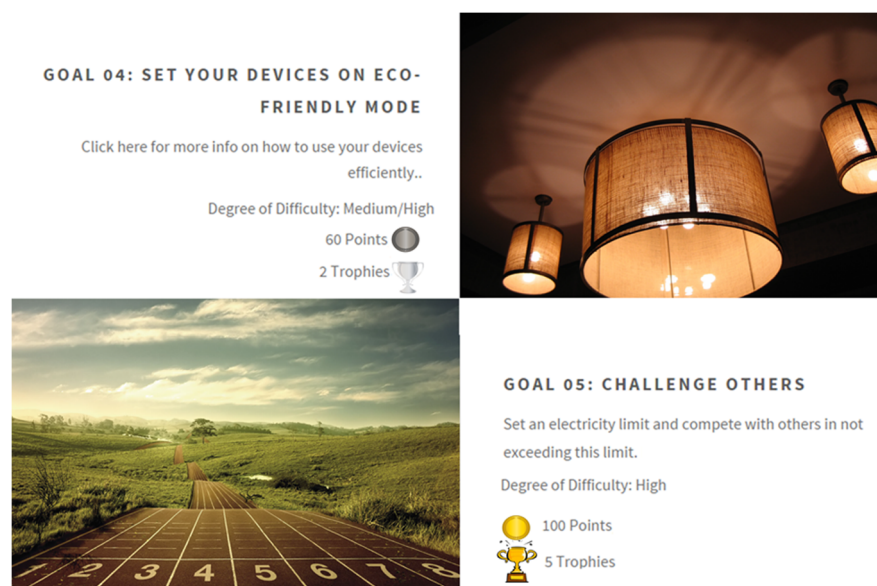
The first aspect is *connecting to personal goals*. As soon as the user logs in, they are directed to their dashboard where they can monitor their consumption and general progress (see Figure 2). The user can choose to activate various types of challenges. Degree of difficulty of those challenges starts with very easy tasks and proceeds to very difficult ones by time. More challenges should be added to match the consumer's interests as time passes to overcome a boring experience.





**Figure 2: Prototype dashboard screen**

Challenges are considered as the most important aspect of a good game design (Sweetser and Wyeth 2005). To *provide interesting challenges*, we categorized them into six different types of difficulties. Starting from tasks to be done on an individual basis followed by teaming up and competing with others. In addition to that, challenges are added continuously over time. The flow theory will be used to make sure that the user is neither over-challenged nor under-challenged (Csikszentmihalyi 1997). Main mechanics used were levelling-up and progression covering the achiever, explorer and killer player types. In order to *provide clear, visual, varying, and well-structured goals*, a responsive web design was chosen based on a survey results (see Figure 3). Detailed description on how to accomplish each challenge is presented together with the degree of difficulty, duration of the challenge, points and trophies to be gained. In depth detail on how to accomplish a goal is presented as the user click on the challenge. Main mechanics used are leaderboard and countdowns covering the achiever, explorer and killer player types. Points are evaluated based on the degree of difficulty.



**Figure 3: Prototype activating new challenges screen**

### 3.3.2 Social Interactions

In order to cover the principles of *Connecting to a meaningful community of interest and the social context meaning*, each user is connected to other smart meter users. They could add others and categorize them as neighbors, friends, or family (see Figure 4). Based on the degree of difficulty of the chosen challenge, teaming up with others is considered. As the degree of difficulty increases, the user is asked to play in teams or compete with others to accomplish a challenge. Additionally the user has the choice to share their monthly saved electricity consumption via social networks and hence triggering the social pressure aspect. Main mechanics used were community collaboration, virality and envy covering the four player types. Finally, creating a meaningful story in the application comes from daily consumption behavior tasks done at home which were then transformed to challenges and goals to be accomplished.

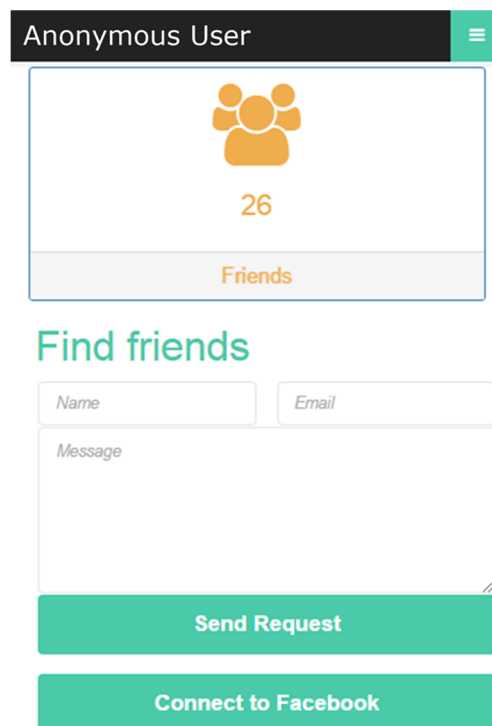


Figure 4: Mobile version social interaction screen

### 3.3.3 Autonomy and Feedback

Following the justification of extrinsic and intrinsic motivation, if the user is obliged to use the application, the fun and enjoyment aspect will be lost (Bock et al. 2005). Accordingly, the decision to use the application is based on the user interest covering the principle of *playing is voluntary*. In order to *not lose autonomy or devalue activities*, the user gains unexpected rewards, for instance upon starting the game, on earth day and Christmas. Main mechanics used were points, bonuses, free lunch and loss aversion covering the four player types. To overcome *unintended behaviors*, it is not possible for users to make fake accounts in the application as they are connected with the physical presence of the smart meter. Simply if there is no meter a user can not join the game. Furthermore, tracking whether a challenge is accomplished is based on consumption savings per activated challenge tracked monthly. If the specified amount of consumption is saved, we can make sure that the challenge was successfully accomplished.

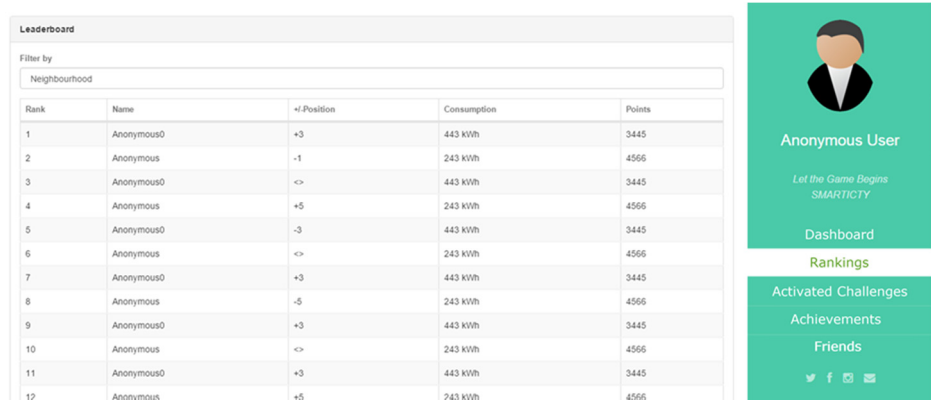


Figure 5: Prototype leaderboard screen

Feedback is provided before, during, and after a challenge in order to cover the aspect of *providing juicy feedback*. Feedbacks are presented using various trophies as well as direct representation of the next level to be accomplished. Main mechanics used are *extinction*, *achievement*, *leaderboards* and *points* covering the four player types. Several representations of leaderboards were implemented (see Figure 5). As a first step to gamify the energy feedback system at the case company, a leaderboard was implemented where a household is compared to others of similar sizes presenting a household position compared to the top and least households in energy consumption (see Figure 6).

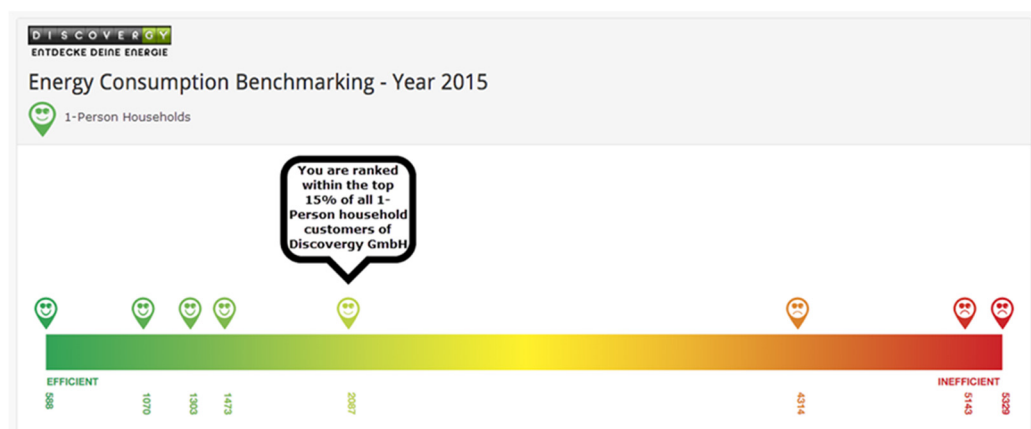


Figure 6: Discovery underdevelopment leaderboard

## 4 Discussion

The smart meter feedback system was gamified using Detering et al. (2011) and Groh (2012) design principles. Challenges provided were structured and visually presented based on consumer goals and presented in various degrees of difficulties. Nevertheless, autonomy might still be lost if challenges in the application were boring or did not meet the interest of wide range of smart meter users. In order to overcome a boring experience or provide unrealistic and hard challenges which might cause frustration, game flow has to be applied using the flow theory. The flow theory was developed by Csikszentmihalyi (1991), stating that the activity needs to reach the right balance between skills or abilities of an individual and challenges provided in order to maintain flow. Accordingly, challenges need to meet the player skills which grows over time. Eight main elements

of a game flow should be considered to design and evaluate enjoyment in gamified applications including concentration, challenge, skills, control, clear goals, feedback, immersion, and social interaction (Sweetser and Wyeth 2005). Some of those elements have already been applied in our research such as the social interaction and feedback, however, other aspects are still missing. Content will be rewarding and engaging when the gamified application meets all the core elements of the flow theory (Sweetser and Wyeth 2005).

## 5 Summary

In this article, we presented a new approach to increase the engagement and use of smart meter systems by applying gamification. Three main aspects were identified of importance in gamifying smart meter feedback systems. Providing interesting challenges and clear goals, social interactions, as well as autonomy and feedback. In our second design science cycle we transformed energy feedback systems expecting to increase the consumer motivation in using smart meters. The gamified application not only includes game mechanics but collaboration aspects as well. Since our objective is to engage consumers in using smart meter systems in a fun and entertaining experience, elements from the SDT were applied to the application to change the user consumption behavior. We consider the solution proposed as of added value since we focused on impacting the consumer by transforming energy feedback systems and smart meter systems using gamification.

As a next step in the research in progress we will extend the flow theory to our gamified application in order to overcome boring experience and to keep consumers motivated. We will focus on providing interesting challenges using the flow theory. On the other hand we will extend the leaderboard implemented in Discovery to reach a full gamified application to their smart meter customers. Future work consists of deploying the gamified application to consumers followed by a field experiment to further evaluate consumer behavior. This will allow us to gather real consumption data and evaluate each of the game mechanics applied in the proposed solution by studying their effect on human behavior.

*Acknowledgement:* We would like to thank Discovery GmbH for their cooperation and support. We are grateful for the anonymous review. Co-authors listed in this publication directed and supervised the research.

## 6 References

- Bartle, R (1996) Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1(1), 19
- Carroll J, Lyons S, Denny E (2014) Reducing household electricity demand through smart metering : The role of improved information about energy saving. *Energy Econ* 45:234–243. doi: 10.1016/j.eneco.2014.07.007
- Csikszentmihalyi M (1997) *Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. HarperPerennial, New York, 39
- Csikszentmihalyi M., Csikszentmihaly M (1991) *Flow: The psychology of optimal experience* (Vol. 41). New York: HarperPerennial
- Deci E L, Ryan R M (1985) The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2), 109-134

- Depuru SSSR, Wang L, Devabhaktuni V (2011) Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. *Renew Sustain Energy Rev* 15:2736–2742. doi: 10.1016/j.rser.2011.02.039
- Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L (2011, September) From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15). ACM
- Discovery GmbH [www.discoveryg.com](http://www.discoveryg.com)
- Erenli K (2013) The Impact of Gamification. *Int J Emerg Technol Learn* 8:15–21. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v8iS1.2320> Kai
- Fogg B. J. (2002) Persuasive technology: using computers to change what we think and do. *Ubiquity*, 2002(December), 5
- Francisco A, Luis F, González JL, Isla JL (2012) Analysis and application of gamification. In *Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador* (p. 17). ACM
- Groh F (2012) Gamification: State of the art definition and utilization. Institute of Media Informatics Ulm University, 39
- Hamari J, Koivisto J (2013, June) Social Motivations To Use Gamification: An Empirical Study Of Gamifying Exercise. In *ECIS* (p. 105)
- Heckmann, C, Abdelaziz D, Tepe Ü, Mädche A (2015) SMARTICITY- An Energy Feedback System for Household Consumers Based on Energy Disaggregation. In *Energy Informatics & Management 2015 (EIM)*, Rotterdam
- Heckmann, C, Mädche A (2015) SMARTICITY–A Feedback System for Energy Consumption and Costs. *Energy, Science and Technology* 2015
- Hiltbrand T, Burke M (2011). How Gamification will change Business Intelligence. *Business Intelligence Journal*, 16(INL/JOU-11-21248)
- Hoenkamp R, Huitema G B, de Moor-van Vugt A J (2011) Neglected consumer: The case of the smart meter rollout in the Netherlands, the. *Renewable Energy L. & Pol'y Rev.*, 269
- Huotari K, Hamari J (2011) Gamification” from the perspective of service marketing. *CHI 2011 Work Gamification* 11–15. doi: table of contents ISBN: 978-1-4503-1637-8 doi:10.1145/2393132.2393137
- Jiang J, Phalp K, Ali R (2015) Digital addiction: Gamification for precautionary and recovery requirements. *CEUR Workshop Proc* 1342:224–225
- Killerud W (2014) Smart grid, smart users: The user experience and impact of a persuasive mobile electricity managing assistant
- Laschke M, Hassenzahl M (2011) Mayor or patron? The difference between a badge and a meaningful story. *CHI EA'11*
- McKenna E, Richardson I, Thomson M (2012) Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. *Energy Policy* 41:807–814. doi: 10.1016/j.enpol.2011.11.049

- McKerracher C, Torriti J (2013) Energy consumption feedback in perspective: Integrating Australian data to meta-analyses on in-home displays. *Energy Effic* 6:387–405. doi: 10.1007/s12053-012-9169-3
- Michahelles F, Cvijikj I P (2012) Business aspects of the Internet of Things. *ETH Zurich*, 1-42
- Pé W (2014) Business Models in the Smart Grid: Challenges, Opportunities and Proposals for Prosumer Profitability. 6142–6171. doi: 10.3390/en7096142
- Salcu A V, Acatrinei C (2013) Gamification applied in affiliate marketing. Case study of 2Parale. *Management & Marketing*, 8(4), 767
- Schacht M, Schacht S (2012) Start the Game: Increasing User Experience of Enterprise Systems Following a Gamification Mechanism. In *Software for People* (pp. 181-199). Springer Berlin Heidelberg
- Schacht S, Morana S, Maedche A (2014) the Project World – Gamification in Project. *Twenty Second Eur Conf Inf Syst* 1–10
- Sweetser P, Wyeth P (2005) GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3), 3-3
- Tan Y (2009) Persuasive technology in motivating household energy conservation. In *Business aspects of the internet of things seminar of advanced topics*. FS (pp. 52-58)
- Verbong GPJ, Beemsterboer S, Sengers F (2013) Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy. *Energy Policy* 52:117–125. doi: 10.1016/j.enpol.2012.05.003
- Weiss M, Helfenstein A, Mattern F, Staake T (2012, March) Leveraging smart meter data to recognize home appliances. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, 2012 IEEE International Conference on (pp. 190-197). IEEE
- Zichermann G, Cunningham, C (2011) *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. "O'Reilly Media, Inc."

# Methodology for an Ontology-Driven Product Configuration Process

Sandra Bergner<sup>1</sup>, Christian Bartelt<sup>2</sup>, Klaus Bergner<sup>3</sup>, and Andreas Rausch<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universität der Bundeswehr München, Professur für Wirtschaftsinformatik,  
Sandra.Bergner@unibw.de

<sup>2</sup> Universität Mannheim, Institut für Enterprise Systems (InES), Bartelt@es.uni-mannheim.de

<sup>3</sup> 4SOFT GmbH, Solid Innovation, Klaus.Bergner@4soft.de

<sup>4</sup> Technische Universität Clausthal, Institut für Informatik, Andreas.Rausch@tu-clausthal.de

## Abstract

One of the main challenges of collaborative engineering and configuration processes is to organize and consolidate the involved engineering knowledge, which is inherently distributed and multidisciplinary. In order to support and automate the corresponding tasks for complex systems-of-systems, Airbus Group leverages ontologies and semantic web technologies.

The first contribution of the paper is a comprehensive methodology for an ontology-driven product configuration process. The methodology integrates several ontology-based reasoning techniques for validating the product specifications as well as the resulting product configurations. For example, it provides guidance on how to use reasoning based on the Open World Assumption (OWA) in order to cope with incomplete knowledge early in the configuration process.

The second contribution of the paper is the integration of a new automated reasoning approach based on the Closed World Assumption (CWA). More precisely, the new approach allows hybrid OWA/CWA reasoning that can be used for checking not only the consistency, but also the completeness of the resulting product configurations.

## 1 Introduction and Overview

The engineering knowledge for building complex systems-of-systems like airplanes is distributed over many engineering disciplines. Thousands of highly specialized experts have to collaborate in designing and building an aircraft. The resulting fragmentation of knowledge is seen more and more as a problem, as it complicates the elaboration of optimal overall solutions and makes it difficult to detect inconsistencies.

To cope with this situation, Airbus strives to capture and organize relevant engineering knowledge by building formal models, which can then be processed and checked by automated tools. Semantic web technologies and linked data approaches are seen as important foundations in this area, as they offer powerful, distributed knowledge representation formalisms like OWL 2 (Motik et al. 2009)

and advanced query and reasoning support (e.g. SPARQL (DuCharme 2013), Pellet (Sirin et al. 2007)).

However, the existing ontology-based techniques and tools are often used in isolated areas to solve special problems. Overarching methodologies supporting the whole engineering process (or at least important subprocesses) are still missing. Therefore, one of the contributions of this paper is a comprehensive methodology for a critical part of the aircraft engineering process, namely, the aircraft configuration subprocess.

Aircraft configuration means the tailoring of an abstract aircraft model to the requirements of a certain airline customer, like Air Berlin, Emirates or Lufthansa. For example, an Airbus A320 airplane may accommodate 150 passengers in a typical two-class arrangement, and up to 180 with high-density seating for budget airlines. These different cabin layouts have extensive implications on other domains and vice versa, for example on the configuration of the lighting, the entertainment system and the electrical wiring.

In addition to standard “catalog” variants, airline customers often have special requirements that can only be satisfied by introducing special configuration options, resulting in a small-lot production model. Compared to industry branches with mass-customized products, like the automotive industry, the aircraft configuration space itself is much more variable.

To guide and automate the configuration process, our methodology provides support in three areas (see (Bergner 2015)): Firstly, for modeling the knowledge of different domains about the possible design and configuration options. Secondly, for integrating and consolidating these domain models so that they can be used as a foundation for the subsequent configuration process. Finally, for designing configurations that fulfil the respective customer’s requirements and enable Airbus to build the corresponding aircrafts. We present the methodology in Section 2.

During each phase of the methodology, powerful reasoning services are indispensable to check the correctness of the models and configurations. Thereby, reasoning services under the Open World Assumption (OWA) are intended to check the consistency of extensible (and possibly still incomplete) models. Thus, they are ideally suited for the early stages of domain modeling and conceptual system design as well as for checking partially defined product configurations.

To check the completeness of finished product configurations, one has to switch to the Closed World Assumption (CWA), which assumes that the specification information is complete. However, closed-world reasoning and the transition from the OWA to the CWA are not supported adequately yet. Therefore, we present a new approach for hybrid OWA/CWA reasoning that allows the transformation of OWA axioms to CWA integrity constraints. Section 3 presents this approach and relates it to existing approaches in the literature.

Subsequently, Section 4 demonstrates how the closed world validation step of our methodology can be automated by a specialized tool, the closed world validator (CWV). In Section 5, an application example shows the steps of the methodology and the application of the CWV.

Finally, Section 6 gives a conclusion and shows some possibilities for future work.

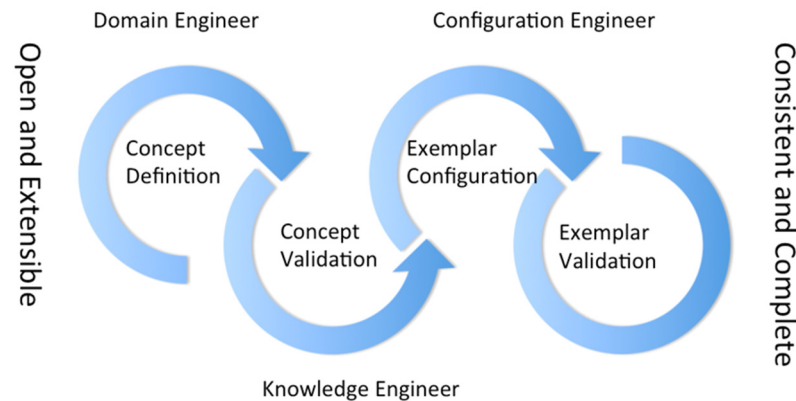
## 2 Product Configuration Methodology

As already stated in the previous section, a comprehensive, ontology-driven methodology for the product configuration process of complex systems-of-systems like aircrafts is still missing. Existing



approaches in the context of mass customization (Felfernig 2007) and the automobile industry, like (Chevalier and Servant 2012) and (Badra et al. 2011), do not address the variability of the aircraft configuration space that results from the necessity to continually integrate new or changed configuration options based on special customer requirements.

As depicted in Figure 1, our methodology for the aircraft configuration process consists of four phases. Note that the phases are not performed strictly sequentially, but are highly iterative. This is necessary because the configuration of an airplane cannot be worked out in a single pass.



**Figure 1: Phases and Roles of the Ontology-Driven Product Configuration Process**

- Concept Definition Phase:** In the first phase, openness and extensibility are very important, because at the beginning the knowledge is inevitably incomplete and has to be provided step by step by various Domain Engineers (DEs). Together, they build up and gradually extend the respective domain models, for example about cabin layout, lighting, electrical wiring etc. The resulting “terminological” knowledge is represented in the form of OWL 2 “TBox” concepts and axioms using existing ontology-modeling tools like Protégé (University 2015) or TopBraid Composer (Waldenmaier 2011).
- Concept Validation Phase:** The goal of this phase is to ensure that the models from the concept phase are mutually consistent and sufficiently complete. To achieve this, Knowledge Engineers (KEs) first check the consistency of the combined TBox model by performing a so-called class consistency check using an OWA reasoner like Pellet (Sirin et al. 2007).

Naturally, consistency alone is not sufficient – it only guarantees that the TBox is logically correct, but not that its concepts can only be used to specify sensible aircraft configurations. This may seem trivial (of course one can always specify all kinds of undesirable things!), but in the case of aircraft specifications, due to their size and heterogeneity, it poses a real problem. The situation is analogous to software engineering, where it is also easily possible to write a complex program with no compiler errors that nevertheless doesn’t behave as intended.

To cope with this problem, software engineers resort to testing their programs based on carefully designed test data. Our methodology follows an analogous strategy and uses test instances for validating the adequacy of the specifications. These test instances (also called test “ABoxes”, because they contain so-called “assertational” knowledge about specific product configuration instances) model desired or undesired (parts of) aircrafts. If an automated test detects that such a desired test aircraft is inconsistent with the specification (or that an undesired aircraft is consistent with the specification), this indicates a problem in the specification. Automated tests

like this are also very valuable for regression testing whenever the specification changes, implying the use of an integrated continuous build and test environment as a basis for the ontology-driven methodology.

Note that the test ABoxes may be used to validate the TBox model with respect to OWA and CWA reasoning (cf. Section 3). An inconsistency at this stage either concerns a test ABox or the TBox. The Knowledge Engineer may deliberately design test ABoxes that are wrong or incomplete in order to validate the adequacy of the TBox model. If the respective OWA or CWA reasoning service cannot detect such ABox errors or omissions based on the existing TBox concepts and axioms, the knowledge engineer knows that additional or changed TBox concepts or axioms are necessary.

- **Exemplar Configuration Phase:** The consistent and complete TBox model is the basis for the exemplar configuration phase. This phase, performed by Configuration Experts (CEs), covers the definition of a fully configured ABox product exemplar based on the specified and validated TBox model. In this phase, the various TBox domain submodels guide the CE during the customization of a specific airplane and support him to make decisions step by step. For example, a CE working at Lufthansa could successively define the cabin layout, lighting and electric wiring configuration of a specific A350-800 exemplar based on the general A350-800 concept models provided by the Airbus DEs.
- **Exemplar Validation Phase:** The exemplar validation phase starts with a (partially) specified ABox product exemplar. During this phase, the CE may perform two kinds of checks: First, OWA consistency checks to ensure that a partial ABox exemplar does not violate the TBox specifications. Second, CWA completeness checks to ensure that the configuration is complete with regard to certain domains or aspects.

### 3 Hybrid OWA/CWA Checks

As already stated in Section 1, the established OWL-based semantic services offer adequate support only for OWA reasoning. Thus, they are ideally suited to cope with extensible, still incomplete models during the early stages of the process, but cannot detect the incompleteness of aircraft configurations.

In order to support the necessary CWA checks in a practical way, these checks should not necessitate a reformulation of the ontology. Instead, they should rely on the already specified TBox and ABox concepts and axioms used for OWA reasoning, making them so-called “hybrid” checks. In the following, we show how such hybrid checks can be achieved in three steps: 3.1 Transformation of OWL 2 Axioms to Integrity Constraints, 3.2 Axiom Annotation, and 3.3 Providing a Special-Purpose Box for the resulting integrity constraints.

Based on these steps, Section 4 then shows how this transformation can be automated by a special tool, namely, the automated closed-world validator.

#### 3.1 Transformation of OWL 2 Axioms to Integrity Constraints

There have been many approaches in the context of integrity constraint (IC) validation in the last couple of years. The most promising approaches are in the field of auto-epistemic extensions (Motik et al. 2007), (Tao 2012), (Katz and Parsia 2005) and are based on Reiter’s statement that “constraints

are epistemic in nature; rather than being statements about the world, they are statements about what the knowledge base can be said to know.” (Reiter 1988).

The most advanced approach in this line was proposed by (Tao 2012). She suggests an Integrity Constraint Semantics for OWL 2 that is different from the standard OWL 2 semantics (Motik et al. 2009), but keeps the full expressivity of the underlying Description Logic SROIQ (Horrocks et al. 2006). Furthermore, she proposes a concept for IC validation that includes the translation of rules from ICs to DCQ<sup>not</sup> queries. However, instead of generating rules, her core idea is to translate IC axioms into negated queries, so-called DCQ<sup>not</sup> queries. In case the IC is violated, the knowledge base entails the query. Tao et al. have built the prototype IC validator Stardog (Clark and Sirin 2013) as an extension of the OWL 2 DL reasoner Pellet (Sirin et al. 2007). Their prototype reads ICs expressed as OWL 2 axioms and then translates each IC first into a DCQ<sup>not</sup> query and then into an executable SPARQL query. This approach is already used in practice, but has the significant disadvantage that the user still needs knowledge about the ICs and about how to formalize them. This results in significant maintenance burden. Thus, in this paper the approach from Tao et al. is used as the formal basis for an automated transformation from OWL 2 axioms to SPARQL queries (for the automated, tool-based transformation mechanism see Section 4.2, Automated Template Selection).

### 3.2 Axiom Annotation

(Schmidt and Lausen 2013) describe an example for axiom annotation. They propose a Boolean flag that points out whether the axiom should be interpreted under OWA or CWA. This approach combines FOL-based (first-order-logic) semantics by means of SPARQL with the RDF Data Description Language (RDD) to specify constraints over RDF akin to Document Type Definition (DTD)s for XML.

Another approach in this line is axiom annotation as reification (Miller 2004). Here, to each chosen triple (Subject, Predicate, Object) a so-called annotation as reification is allocated. That means the subject of a triple is a triple again – with other words “a statement of a statement”. For our purpose, this denotes whether an integrity constraint is activated or not.

A disadvantage of using axiom annotation is that unmodified tools will process an IC axiom but will ignore the annotation that indicates it is an IC. This means that ICs are processed in accordance with standard semantics. This is acceptable for the purpose of this paper, as axiom annotation is used in one and the same tool. The advantage of axiom annotation is that it lowers the maintenance burden. To combine axiom annotation with the semantics-based approach from Tao et al., our approach uses the Boolean flag for triggering the closed world transformation. Thus, axiom annotation and axiom annotation as reification are used for automating the transformation process in (cf. Section 4.1, Axiom Annotation).

### 3.3 Special-Purpose Boxes

The semantics of special-purpose box approaches is based on the notion of outer skolemization of first-order logic formulae and minimal-model semantics.

The core idea described in (Patel-Schneider and Franconi 2012) is to “directly state that the extension of certain concepts and roles is complete by making them DBox predicates.” This proposal eliminates the need for special semantics.

The approach from (Motik et al. 2007) is still on a conceptual level. We agree with his idea that a certain subset of TBox axioms can be designated as constraints, but the question of how to designate such axioms as constraints must still be solved. Furthermore, the approach has to be transferred to practice.

We also agree with the idea described by (Patel-Schneider and Franconi 2012) that the DBox should be made into the analogue of database tables to eliminate the need for special semantics. The automated transformation process of this paper is based on (Patel-Schneider and Franconi 2012) and is described in Section 4.1, Creation of a Special-Purpose Box.

## 4 Automated Closed World Validator (CWV)

Existing standard reasoners do not support closed world completeness checks. Furthermore, the transformation approach followed in Section 3 is also not supported by tools like Protégé or TopBraid Composer. Thus, we have built the CWV tool demonstrator for automating the transformation approach in three steps (see Figure 2 for the User Interface of the prototype). These steps roughly correspond to the subsections of the previous section on OWA/CWA hybrid checks, namely 4.1 Axiom Annotation and Creation of a Special-Purpose Box, 4.2 Automated Template Selection and 4.3 Closed World Transformation.

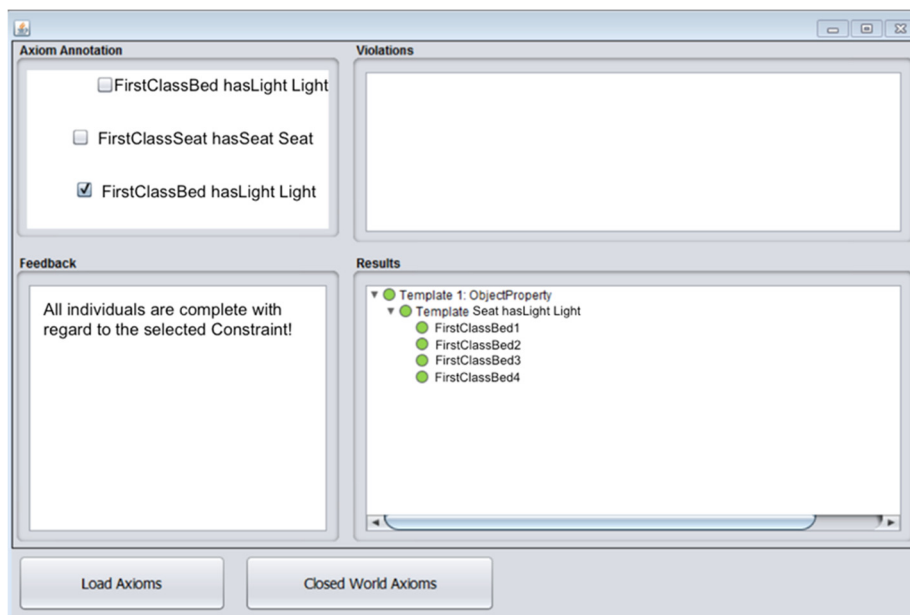


Figure 2: User Interface of the Automated Closed World Validator (CWV)

### 4.1 Axiom Annotation and Creation of a Special-Purpose Box

First, the user performs the axiom annotation (Schmidt and Lausen 2013), (Miller 2004). To do this, the user selects a concept like “FirstClassBed hasLight Light” (see Figure 2, Axiom Annotation subview) and triggers the closed world validation. Thereby, the axiom is defined as closed, using the axiom annotation as reification approach (Miller 2004).

The axiom with the annotation as reification is then stored in a separate, special-purpose CBox containing the transformed constraints cf. (Patel-Schneider and Franconi 2012). By using a special-purpose box, TBox concepts, ABox individuals and CBox constraints can be clearly separated.

## 4.2 Automated Template Selection

In this step the system prepares the closed world validation based on the transformation approach, relying on the operator  $T_c$  for translating concepts. The example concept “FirstClassBed hasLight Light” is translated as follows:

$$T_c (\forall \text{FirstClassBed} \sqsubseteq \exists \text{hasLight}.\text{Light})$$

For automating purposes, one result of our work (cf. (Bergner 2015)) is a list of SPARQL templates for almost all OWL 2 axioms (Motik et al. 2009). These SPARQL templates are formally based on (Tao 2012) as described in Section 3.1. The template for the example concept is depicted in Figure 3 on the lower left side.

Constraint 1: FirstClassBed has Light?	
C1: FirstClassBed P1: hasLight C2: Light	
Template	Constraint
<b>SELECT</b> ?x <b>WHERE</b> { ?x a C1 . <b>NOT EXISTS</b> { ?x P1 ?y . ?y a C2 . }}	<b>SELECT</b> ?x <b>WHERE</b> { ?x rdf:type FirstClassBed. <b>NOT EXISTS</b> { ?x hasLight ?y . ?y rdf:type Light . }}

Figure 3: Example Constraint “Constraint 1: FirstClassBed has Light?”

With regard to our example, the system automatically selects the template for the concept “FirstClassBed hasLight Light” which has been selected by the user in the previous step 4.1. To choose the appropriate template, the system reads the RDF code of the property hasLight (see the following code snippet in Figure 4).

```

1 <rdf:Description rdf:about="#hasLight">
2   <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl:ObjectProperty"/>
3 </rdf:Description>

```

Figure 4: Example RDF Code Snippet

Based on the information in the code snippet, the system chooses the ObjectProperty template from the template list and generates the constraint via filling in the transformation parameters (see lower right side of Figure 3).

## 4.3 Closed World Validation

The prototype performs the closed world validation by using the Jena API (Foundation 2011) in combination with SPARQL (DuCharme 2013). The automated closed world transformation is realized by using SPARQL templates (see Figure 3) which are then transformed to constraints in the form of SPIN templates using the TopBraid SPIN API (Knublauch 2014). To perform the closed world validation, a SPARQL query engine is used which executes the SPARQL query and returns the results to the “Results” subview of the CWV (see Figure 2). Thus, the user knows whether his defined ABox is specified completely.

## 5 Application Example

In order to illustrate the ontology-driven product configuration process, we use a minimal, simplified example. Based on this example, we show how the single steps of our methodology are performed.

### 5.1 Concept Definition

The process starts with the ontology-based specification of terminological knowledge as TBox concepts and is performed using an ontology-modeling tool like Protégé or TopBraid Composer. In our example, we assume that some Domain Engineers have contributed initial TBox concepts for cabin layout entities like seats and beds, while other Domain Engineers have likewise contributed initial concepts for the lighting subsystem, specifying the locations and types of lights. Of course, these domains are not independent from each other, because, for example, each first class bed needs a special kind of light (see Figures 5 and 6).



Figure 5: First Class Bed with Light

- |                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| FirstClassBed $\sqsubseteq$ Bed      | (1) |
| FirstClassSeat $\sqsubseteq$ Seat    | (2) |
| Seat $\sqcap$ Bed $\equiv \emptyset$ | (3) |
| FirstClassBed $\sqsubseteq$ Seat     | (4) |
| FirstClassBed hasLight Light         | (5) |
| Light isLightOf FirstClassBed        | (6) |

Figure 6: Initial Set of Concepts

### 5.2 Concept Validation

Based on the initial (slightly flawed) set of concepts, the process continues with the Concept Validation phase, which is itself divided into Concept Consistency Validation, Open World Validation and Closed World Validation.

#### 5.2.1 Concept Consistency Validation

The Knowledge Engineer checks whether the specified TBox concepts are consistent with each other, that is, whether it is possible to specify an individual that satisfies all concepts. It is easy to see that the initial concepts given in the example are inconsistent: According to (1), FirstClassBed is a subclass of Bed. Furthermore, according to (3), a FirstClassBed is no Seat, as the intersection of Seat and Bed is defined as empty. However, another Domain Engineer has specified in (4) that FirstClassBed is also a subclass of Seat.

To perform the Concept Consistency Validation, the Knowledge Engineer triggers the class consistency check in the reasoner (Hitzler et al. 2007), which returns with feedback like: “Class Consistency check failed. FirstClassBed may either be a subclass of Seat or Bed. Please adapt your concepts.”

In our example, the Knowledge engineer might resolve this conflict by dropping the requirement (4) that a FirstClassBed is a subclass of Seat. By doing so, he admits that a first class bed may not be considered as a kind of seat.

The class consistency check allows detecting and removing inconsistencies at an early stage. Therefore, this check will also be used by Domain Engineers to obtain concepts that are consistent within their own domains.

### 5.2.2 Open World Validation

The Knowledge Engineer performs the OWA concept validation. To do this, he first specifies test ABox exemplars. With respect to the example, he prepares a minimal test ABox like this:

1. A test ABox individual „FirstClassBed(FirstClassBed1)“ for the concept „FirstClassBed“.
2. A test ABox individual „Light(Light1)“ for the concept “Light”.
3. Link both individuals via the object property “hasLight: FirstClassBed(FirstClassBed1) hasLight Light(Light1)”.

The open world concept validation phase then covers the following checks (Hitzler et al. 2007) which are performed automatically by the reasoner:

1. **Knowledge Inference:** It is inferred that Light(Light1) isLightOf FirstClassBed(FirstClassBed1). The Knowledge Inference is finished successfully.
2. **Global Consistency Check:** The individuals are globally consistent. The Global Consistency Check is executed successfully.
3. **Class Subsumption Check:** No semantic inconsistencies in the specification of the concepts are detected. The Class Subsumption Check is executed successfully.
4. **Instance Check:** FirstClassBed(FirstClassBed1) and Light(Light1) are logical consequences of the knowledge base. The Instance Check is executed successfully.

Based on these successful checks, the Knowledge Engineer gains confidence that the specified TBox concepts are indeed sensible, because they are consistent with the intuitively correct test ABox. Thus, he makes this test ABox into a regression test case to ensure that these checks must also succeed for future TBox versions.

### 5.2.3 Closed World Validation

To perform the Closed World Validation, the Knowledge Engineer again relies on a test ABox exemplar. With respect to the example, a minimal test ABox could be prepared like this:

1. He inserts a test ABox individual „FirstClassBed(FirstClassBed2)“ for the concept „FirstClassBed“.
2. He inserts a test ABox individual „Light(Light2)“ for the concept “Light”.

The knowledge engineer performs the Closed World Validation by using the Closed World Validator (CWV) proposed in Section 4. In the given example, it is obvious that the ABox individual FirstClassBed2 is not linked to Light2. Thus, the knowledge engineer receives feedback from the CWV that the light of the FirstclassBed2 instance is missing. Note that this result is

different from the corresponding OWA validation, where such an incomplete specification would have been considered as correct.

From the Knowledge Engineers point of view, this negative check result could be intended, as it shows that the CWV can indeed detect an incomplete aircraft configuration where a first class bed has no corresponding light. Thus, the Knowledge Engineer might make this test ABox into another regression test case, this time with the expected test result that the Closed World Validation fails for this test ABox.

By adapting the test ABox, the Knowledge Engineer might gain another test case, this time with the expected test result that the Closed World Validation succeeds for the adapted test ABox (see Figure 2).

3. He links the individual `Light1` via the object property “hasLight:” as follows “`FirstClassBed(FirstClassBed1) hasLight Light(Light1)`”.

### 5.3 Exemplar Configuration

At this stage of the methodology the Configuration Expert begins with the product configuration. Based on the specified and validated concepts, he specifies the desired aircraft configuration as an ABox.

After completing the configuration information, the Configuration Expert has a digital model of the airplane configuration that can be validated subsequently.

### 5.4 Exemplar Validation

The exemplar validation is the last phase of the ontology driven product configuration process. It is divided into open world validation and closed world validation just as described in Sections 5.2.2 and 5.2.3. The only difference is that negative check results are never desired during the Exemplar Validation phase, as its goal is the specification of a consistent and complete product configuration.

## 6 Conclusion and Future Work

In this paper, we have given an overview of a comprehensive methodology for an ontology-driven product configuration process. It especially addresses the fact that the configuration knowledge is not static, but may grow and change continually. The methodology covers this by introducing the roles Domain Engineer and Knowledge Engineer for capturing and consolidating the design and configuration knowledge in an iterative process. For the continuous validation of the configuration knowledge, the methodology borrows strongly from the field of software engineering, relying on test cases in the form of test ABoxes and on regression testing.

With respect to the methodology, the following issues could be addressed as next steps:

- The methodology could be extended by specific guidelines for organizing and structuring the knowledge about the product families, product lines and product exemplars at Airbus.
- The methodology could be extended to cover not only the static airplane configuration used for production, but also the dynamic (re-)configuration of the airplane and its environment during the lifetime of the airplane.



- The second contribution of the paper is a new technique for hybrid OWA/CWA tests based on the transformation approach by (Tao et al. 2010). Our technique makes it possible to build automated tools that leverage the existing concepts and axioms of an OWL 2 ontology for completeness checks according to the CWA.

With respect to the underlying concepts and formalization, the following issues could be addressed:

- Currently, a general decision procedure for IC evaluation based on the SROIQ description logic is still missing. The approach from Tao et al. (Tao et al. 2010) only works for knowledge bases that do not use the full expressivity of SROIQ. A possible direction might be to explore other approaches such as tableau-based approaches.
- Furthermore, it should be further investigated how complex expressions can be best transferred to the closed world. Our approach principally supports complex expressions, but not in a fully automated way.
- We have also presented a tool to support the closed world transformation and validation, namely, the automated closed world validator (CWV). As this is only a first prototype, tool support can surely be improved:
- The demonstrator functionality for the closed world transformation and validation could be embedded as a plugin into a commercial tool like TopBraid Composer ME or Protégé.
- The management and use of test ABoxes should be automated. Loading the different test ABoxes for a certain TBox and executing the corresponding validations should be performed by a continuous knowledge integration tool, similar to the execution of a software regression test suite by a continuous (software) integration tool.

#### *Acknowledgements:*

Sandra Bergner is funded by the BMBF (FKZ:16KIS0214). We acknowledge the funding and the whole VeSiKi team. A special thanks goes to Axel Mauritz and Carsten Strobel from Airbus Group Innovations in Ottobrunn and to their whole team.

## **7 References**

- Badra F, Servant FP, Passant A (2011) A semantic web representation of a product range specification based on constraint satisfaction problem in the automotive industry. CEUR Workshop Proc 748:37–50.
- Bergner S (2015) Methodology for an Ontology-Driven Product Configuration Process. Technische Universität Clausthal
- Chevalier E, Servant FP (2012) Product customization as linked data. Lect Notes Comput Sci (including Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinformatics) 7295 LNCS:603–617. doi: 10.1007/978-3-642-30284-8\_47
- Clark K, Sirin E (2013) On RDF validation, stardog ICV, and assorted remarks. In: RDF Validation Workshop. Practical Assurances for ....
- DuCharme B (2013) Learning SPARQL, 2nd edn. O'Reilly, Cologne

- Felfernig A (2007) Standardized configuration knowledge representations as technological foundation for mass customization. *IEEE Trans Eng Manag* 54:41–56. doi: 10.1109/TEM.2006.889066
- Foundation TAS (2011) Jena API. <https://jena.apache.org>. Abgerufen am 02.01.2016.
- Hitzler P, Krötzsch M, Rudolph S, Sure Y (2007) *Semantic Web: Grundlagen*. Springer-Verlag, Berlin
- Horrocks I, Kutz O, Sattler U (2006) The Even More Irresistible SROIQ. *Proc 10th Int Conf Princ Knowl Represent Reason* 57–67.
- Katz Y, Parsia B (2005) Towards a Nonmonotonic Extension to OWL. In: *OWLED*.
- Knublauch H (2014) TopBraid SPIN API. <http://topbraid.org/spin/api/>. Abgerufen am 02.01.2016.
- Miller L (2004) Annotation as Reification. <http://ilrt.org/discovery/2001/04/annotations/#reification>.
- Motik B, Horrocks I, Sattler U (2007) Adding Integrity Constraints to OWL. In: *OWLED*.
- Motik B, Patel-Schneider P, Grau B (2009) OWL 2 web ontology language direct semantics. In: *W3C Recomm.* <http://www.w3.org/2007/OWL/draft/ED-owl2-direct-semantics-20090914/all.pdf>. Accessed 28 Jul 2015
- Patel-Schneider P, Franconi E (2012) Ontology constraints in incomplete and complete data. In: *The Semantic Web–ISWC 2012*.
- Reiter R (1988) On integrity constraints. In: ... of the 2nd Conference on Theoretical Aspects of .... Toronto, Ontario, Canada,
- Schmidt M, Lausen G (2013) Pleasantly consuming linked data with rdf data descriptions. In: *arXiv preprint arXiv:1307.3419*.
- Sirin E, Parsia B, Grau B (2007) Pellet: A practical owl-dl reasoner.
- Tao J (2012) *Integrity Constraints for the Semantic Web: An OWL 2 DL Extension*. Rensselaer Polytechnic Institute
- Tao J, Sirin E, Bao J, McGuinness D (2010) Integrity Constraints in OWL. In: *AAAI*.
- University S (2015) Protégé. <http://protege.stanford.edu>. Abgerufen am 02.01.2016.
- Waldenmaier C (2011) TopBraid Composer - Getting Started Guide. <http://www.topquadrant.com/resources/products/docs/TBC-Getting-Started-Guide.pdf>. Abgerufen am 02.01.2016.

# Antecedents of Willingness to Share Information in Supply Chain IS

Enis Celik<sup>1</sup>, Claus-Peter H. Ernst<sup>2</sup>, and Franz Rothlauf<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Johannes Gutenberg-Universität Mainz, e.celik@uni-mainz.de

<sup>2</sup> Frankfurt University of Applied Sciences, cernst@fb3.fra-uas.de

<sup>3</sup> Johannes Gutenberg-Universität Mainz, rothlauf@uni-mainz.de

## Abstract

Information flow between partners enhances supply chain performance and, consequently, is an important point of interest for supply chain IS management. The exchange of information is not only a technical or organizational issue. Indeed, one often presumed, and hence neglected, aspect of the issue is that, in order to actually share information, there needs to be a *Willingness to Share Information*. The question then arises: What are the antecedents of the *Willingness to Share Information* in supply chains? In this exploratory study, we address this question by conducting a semi-structured, guided expert interview with the supply chain manager of an international company. Our study indicates that *Management Support* and employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty* are important antecedents of the *Willingness to Share Information* in supply chains. These findings suggest that all the managers in a company need to be visibly committed to supply chain information sharing and that employees need to be provided with clear information sharing policies that address their potential concerns.

## 1 Introduction

Today, entire corporate structures are being modified to integrate cross-border partnerships and facilities that operate in different locations (e.g., Hahn 2000; Chopra and Meindl 2013). This shift towards global collaborative networks with numerous players and links increases the complexity of the supply chain and, thus, requires a tremendous coordination effort for all parties involved (e.g., Chopra and Meindl 2013). As a result, unambiguous information is essential to creating efficient coordination efforts and to enable cost efficiency, especially in terms of reducing lead time and inventory (e.g., Cachon and Fisher 2000; Tummala et al. 2006). Indeed, successful information flow between the parties involved enhances supply chain performance and, consequently, is an important point of interest when managing supply chains.

In order to ensure information flow, the implementation of advanced IS across all involved parties of a supply chain is common as it provides sophisticated tools for data sharing, gathering, and analyzing (e.g., Li and Lin 2006; Poirier and Bauer 2000; Simchi-Levi et al. 2000). However, the actual exchange of information is not just a technical or organizational issue; it is also a human

issue. One often presumed, and hence neglected, aspect of information flow is that, in order to actually share information through supply chain IS, the involved parties need to have a *Willingness to Share Information*. Indeed, previous research suggests that the unwillingness to share information between supply chain partners may occur more often than a situation of smooth collaboration (Fawcett et al. 2008). If this unwillingness is present, then even though a supply chain might have the technical and organizational capabilities to work efficiently, it can suffer from low-quality information and low efficiency in its information dissemination.

We address this managerial aspect of supply chain IS management and seek to identify the antecedents of *Willingness to Share Information* in supply chains. Our findings, based on an exploratory, semi-structured, guided expert interview with the supply chain manager of an international company, suggest that both *Management Support* and employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty* are important antecedents of *Willingness to Share Information*. These findings suggest that executives need to make sure that all involved managers inside the company are committed to sharing the necessary information to their supply chain partners. In addition, they need to effectively display their *Willingness to Share Information* to people in their spheres of influence, in order to counter employees' potential reluctance to share information. Moreover, our findings suggest that companies should formulate clear information sharing policies with distribution liberty in mind, in order to provide employees with guidance on what should be shared with whom, and to what extent. In doing so, they will mitigate employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty*.

In the next section, we will emphasize the importance of IS for supply chain management, describe the information flow between parties of a supply chain, and introduce *Willingness to Share Information* as an antecedent of successful information flow in supply chains. Following this, we will describe our research methodology. Then, we will reveal and discuss our results before summarizing our findings, presenting their theoretical as well as practical implications, and provide an outlook on further research.

## 2 Theoretical Background

### 2.1 IS in Supply Chain Management

According to Porter's Value Chain Framework (Porter 1985), different functions in an organization are linked so that value can be generated. With regard to Supply Chain Management (SCM), this structure is complex, since the value chains of several firms are linked and merged (Themistocleous et al. 2004; Gunasekaran and Ngai 2004). Generally, a supply chain may be comprised of typical stages such as *supplier, manufacturer, distributor, retailer, and customer* (Simchi-Levi et al. 2000). Nevertheless, the structures of supply chains may vary.

In line with this, in the context of SCM, there are three essential types of IS (cf. Chopra and Meindl 2013): *Supplier Relationship Management (SRM)*, *Internal Supply Chain Management (ISCM)*, and *Customer Relationship Management (CRM)*.

First of all, internal IS ensure smooth operations within functions inside a firm. Hence, the main focus of ISCM systems is to plan activities that will match supply and demand (Chopra and Meindl 2013). Thus, information that is received from CRM and SRM systems is processed into adequate planning systems, which can, for instance, provide support on strategic decisions. One example of

an ISCM system would be an advanced planning system that enables a firm to improve its anticipation of future demand.

Downstream interactions are mainly subject to CRM. Thus, the relevant processes are supported by appropriate IS in order to enable more effective customer service. Customer relations are created and enhanced, while simultaneous responsiveness and adaptability to dynamic customer requirements are ensured (Leußer et al. 2011). Incoming orders or service requests are examples of activities involved in CRM (Chopra and Meindl 2013). Hence, essential information from customers is gathered on this side of the supply chain. Generally, IS have several functions in CRM. On the one hand, they provide major tools for data analysis, so that raw customer data can be transformed into valuable information that holds important implications for demand forecasts, customer service, etc. On the other hand, operative CRM systems create a platform of interaction between customers and the enterprise (Leußer et al. 2011).

Finally, SRM considers upstream processes and interactions with the supplier side. Underlying IS in this field focus on information exchange and collaborative elements that facilitate improved coordination between supply chain partners (Becker et al. 2008; Dong et al. 2009). Electronic data interchange (EDI) systems, which electronically transfer information from one company to another (Seyal et al. 2007), are examples of IS in SRM.

In summary, IS in SCM ensure and manage resource flows. Due to the complexity and often global nature of business activities, coordination of these flows requires cross-organizational proceedings from a collaborative perspective (Themistocleous et al. 2004). Indeed, creating integrated processes, which add value and enable a smooth flow from suppliers to the actual end consumer, becomes an essential part of SCM (Cooper et al. 1997).

## 2.2 Information Flow

Overall, there are three main flows in a supply chain: *material flow*, *financial flow*, and *information flow* (e.g., Hahn 2000; Akkermans et al. 2003):

The transportation of physical products from one stage of the supply chain to another is tracked in the *material flow*. Hence, this flow mainly comprises all activities that follow the production of raw goods, to the point of final delivery to the end customer (Chopra and Meindl 2013). The *financial flow* describes the transaction of financial funds in the supply chains, such as payments for ordered goods or refunds (Mentzer et al. 2001; Akkermans et al. 2003).

Finally, *information flow* can be described as the main tool that enables coordination between supply chain partners, for example in the context of collaborative planning (Fawcett et al. 2007). For instance, if the information flow is efficient, then production schedules and strategies can be aligned, allowing a better forecast of the timeline. In fact, the information flow actually provides major information to the material flow.

Generally, the information flow direction can go upstream and downstream in a supply chain. Information that is passed on downstream to the following stages in a supply chain mainly focuses on events, such as the current production output or expected delivery time of ordered goods. Sharing demand information and changed product requirements with suppliers is an example of an upstream information flow (Zhou and Benton Jr 2007).

The information in the information flow can be transferred through internal and external entities. On the one hand, internal stages or departments depend on coordinative activities between each

other so that value generation within the firm is enabled (Chopra and Meindl 2013). On the other hand, a firm's activities depend also on the preceding and ensuing supply chain partners, which also own a similar value chain structure that needs to be aligned (Lee and Billington 1992). Therefore, both internal and external activities need to be coordinated to achieve an overall smooth information flow. In other words, proper coordination of the information flow needs to ensure that the right information is received at the right time, in the right format, and at all the right places (Cachon and Fisher 2000). As a result, information sharing is generally considered to be a critical success factor for supply chains (Li and Lin 2006; Zhou and Benton Jr 2007).

### 2.3 Willingness to Share Information

The actual exchange of information within supply chains is not only a technical or organizational issue; rather, it is a compound of a variety of aspects. One often presumed, and hence neglected, aspect of the information flow is that, in order to actually share information, there needs to be a *Willingness to Share Information*.

More specifically, most collaborative and interrelated activities in a supply chain depend on information accuracy (Arndt 2006; Zhou and Benton Jr 2007). For example, the demand forecast has implications on all the subsequent stages in the value chain of an organization (Chopra and Meindl 2013). In other words, all partners in a supply chain are strongly dependent on a reliable information flow. In order to establish such a continuous and reliable flow of information, relevant information has to be provided by each member of a supply chain to its partners. As described in the *Theory of Reasoned Action* (Ajzen and Fishbein 1980; Fishbein and Ajzen 1975; Ajzen 1991), *Actual Behavior* is preceded by the *Behavioral Intention* to do so. In our context, *Willingness to Share Information* is a specific aspect of *Behavioral Intention*. Indeed, "[Behavioral] Intentions ... capture the motivational factors that influence a [person's] behavior; they are indications of how hard people are willing ... to perform the behavior" (Ajzen 1991, p. 181). In other words, *Willingness to Share Information* precedes *Actual Sharing Behavior* and, hence, is a central influence factor of the successful information flow in supply chains. Consequently, *Willingness to Share Information* is an important factor for supply chain management to consider. In order to take this factor into account, the following question must be answered: What are the actual antecedents of *Willingness to Share Information*?

## 3 Methodology

In order to address our research question, we chose an exploratory research approach in the form of a semi-structured, guided expert interview (Miles and Huberman 1994). In general, expert interviews are considered to be a cost-efficient approach in the early phases of an explorative research activity (Bogner and Menz 2005). The research method focuses on gathering relevant data by interviewing an expert in the relevant field. Thus, the expertise and function of the respondent are the focus of the conducted interview. Major themes regarding a certain topic may be identified more readily in the context of an interview, and the expertise of the interviewee can be used to enhance the exploration process. In order to gather relevant information, the interview guide is a key element and requires appropriate attention in the preparation phase to highlight the central topics (Mayer 2008). Furthermore, the interviewer can examine relevant issues in greater depth based on the respondent's statements (Mayer 2008).

We used our research question as a starting point (Meuser and Nagel 2009) to develop our semi-structured interview guide, which allowed for a more dynamic and less rigid interview flow. In line with this, our interview questions were designed in an open manner and functioned as orientation during the interview. Before the main interview, we conducted a pretest interview with another professional to fix potential ambiguities and flaws in our questions. In addition to standard parts of an interview such as the introduction of the participants (Helfferich 2005), the final interview guide consisted of the following questions:

- (1) *Please consider the following two statements: Our company shares as much information as possible with its supply chain partners/Our company shares as little information as possible with its supply chain partners. Which of these two statements is appropriate for your company and why?*
- (2) *In your experience, what are the most important factors that drive people's willingness to share information in supply chains?*
- (3) *Are you aware of any factors that hinder people's willingness to share information in supply chains?*

We interviewed a supply chain manager of an international company that develops and manufactures special glass, specialty materials, components and systems. The interview was conducted at one of the company's offices and was conducted in German. With the consent of the interviewee, the interview was recorded and subsequently transcribed. Finally, the transcribed text was analyzed by using the content analyses as described by Mayring (2008) with methods such as deleting identical statements and joining connected arguments.

## 4 Results

Overall, the conducted interview suggests that *Management Support* as well as employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty* are important antecedents of *Willingness to Share Information*.

Since in supply chains there is typically an alignment of numerous internal and external corporate entities with many people involved, our interview partner considered *Management Support* to be crucial for efficient information flow. More specifically, managers' visible commitment to existing supply chain IS as well as their leadership in on-going implementation projects were described as being important for an effective and efficient use of supply chain IS, since it enhances employees' *Willingness to Share Information*. Indeed, our interviewed expert described three specific courses of action: First, managers should visibly show their commitment to information sharing by setting a good example in their own sharing practices. Moreover, *Management Support* in the form of IS training for employees can enhance their ability to use the systems properly, while at the same time lowering their potential fear of becoming obsolete through automation. This ultimately enhances their *Willingness to Share Information* in the supply chain. Finally, the expert emphasized that effective and efficient use of provided IS tools needs to be supervised and controlled continuously in order to ensure the continuous information flow in the long run, requiring the long-term commitment and support by the managers in charge.

Additionally, our interview partner described the potential loss of liberty regarding the distribution of produced goods among customers as a major concern. More specifically, with regards to suppliers, necessary information such as inventory levels is shared by companies without hesitation in order to prevent them from running out of stock, etc. In contrast, a certain degree of reluctance to share information with customers is recognized due to the potential covetousness of multiple

customers for the very same inventory items. Indeed, suppliers regularly have business relationships with multiple customers based on different terms regarding delivery times, etc. As a result, the output allocation among customers is often an individual and strategic decision. Hence, employees might be concerned that if their company's inventory levels, processes, etc. are transparent to all customers, this might weaken their company's position to freely allocate or withhold their output, ultimately limiting the ability to manage differing customer relationships individually. In other words, employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty* can negatively influence their *Willingness to Share Information*.

## 5 Conclusions

In this article, we conducted an exploratory, semi-structured, guided expert interview with the supply chain manager of an international company in order to identify potential antecedents of *Willingness to Share Information* in supply chains. Our findings suggest that *Management Support* as well as employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty* are important antecedents of *Willingness to Share Information*.

These findings hold important practical implications. In order to ensure a successful information flow, our findings suggest that executives need to make sure that all managers in the company are committed to sharing the necessary information to their supply chain partners, and that they effectively display their *Willingness to Share Information* to people in their spheres of influence, in order to counter employees' potential reluctance to share information. Moreover, our findings suggest that companies should formulate clear information sharing policies with distribution liberty in mind, in order to provide employees with guidance on what should be shared with whom and to what extent. In doing so, they will mitigate employees' *Concern for the Loss of Distribution Liberty*.

Our study has some limitations. First, we had the smallest sample size possible, since it consisted of only one conducted interview. As a result, our findings might suffer from the subjective opinion of a single expert from a single company in only one specific industry. In addition, we analyzed the transcript of the interview using content analysis, which is generally considered to be a rather subjective methodology since it is potentially biased by the researchers, their experiences, etc. Nevertheless, since this paper was explorative in nature, it provides a first insight into the potential antecedents of the *Willingness to Share Information* in supply chains and may serve as a starting point for subsequent studies.

We are currently conducting additional interviews with experts from different industries and countries, which we plan to use in the preparation of a later quantitative study. More specifically, we are currently seeking to identify further potential influence factors of *Willingness to Share Information* in supply chain IS so as to quantitatively evaluate them in a subsequent study.

## 6 References

- Ajzen I (1991) The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2):179-211
- Ajzen I, Fishbein M (1980) *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ



- Akkermans HA, Bogerd P, Yücesan E, Van Wassenhove LN (2003) The Impact of Erp on Supply Chain Management: Exploratory Findings from a European Delphi Study. *European Journal of Operational Research* 146 (2):284-301
- Arndt H (2006) *Supply Chain Management: Optimierung Logistischer Prozesse*. 2nd edn. Springer, Wiesbaden, Germany
- Becker J, Heitmann C, Knackstedt R (2008) Analyse Der It-Unterstützung Des Supplier Relationship Management. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 45 (1):74-86
- Bogner A, Menz W (2005) Das Theoriegenerierende Experteninterview: Erkenntnisinteresse, Wissensformen, Interaktion. In: Bogner A, Littig B, Menz W (eds) *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung*. 2nd edn. Springer VS, Wiesbaden, Germany, pp 33-70
- Cachon GP, Fisher M (2000) Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information. *Management Science* 46 (8):1032-1048
- Chopra S, Meindl P (2013) *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 5th edn. Pearson Education, Harlow, UK
- Cooper MC, Lambert DM, Pagh JD (1997) Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *International Journal of Logistics Management* 8 (1):1-14
- Dong S, Xu SX, Zhu KX (2009) Research Note-Information Technology in Supply Chains: The Value of It-Enabled Resources under Competition. *Information Systems Research* 20 (1):18-32
- Fawcett SE, Magnan GM, McCarter MW (2008) Benefits, Barriers, and Bridges to Effective Supply Chain Management. *Supply Chain Management: An International Journal* 13 (1):35-48
- Fawcett SE, Osterhaus P, Magnan GM, Brau JC, McCarter MW (2007) Information Sharing and Supply Chain Performance: The Role of Connectivity and Willingness. *Supply Chain Management: An International Journal* 12 (5):358-368
- Fishbein M, Ajzen I (1975) *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley, Reading, MA
- Gunasekaran A, Ngai EW (2004) Information Systems in Supply Chain Integration and Management. *European Journal of Operational Research* 159 (2):269-295
- Hahn D (2000) Problemfelder Des Supply Chain Management. In: Wildemann H (ed) *Supply Chain Management*. TCW, München, Germany, pp 9-19
- Helfferich C (2005) *Die Qualität Qualitativer Daten. Manual Für Die Durchführung Qualitativer Interviews*. 2nd edn. Springer VS, Wiesbaden
- Lee HL, Billington C (1992) Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities. *Sloan Management Review* 33 (3):65-73
- Leußer W, Hippner H, Wilde KD (2011) Crm - Grundlagen, Konzepte Und Prozesse. In: Hippner H, Hubrich B, Wilde KD (eds) *Grundlagen Des Crm*. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, pp 15-55
- Li S, Lin B (2006) Accessing Information Sharing and Information Quality in Supply Chain Management. *Decision Support Systems* 42 (3):1641-1656

- Mayer HO (2008) Interview Und Schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung Und Auswertung. 4th edn. Oldenbourg, München, Germany
- Mayring P (2008) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen Und Techniken. 10th edn. Beltz, Weinheim
- Mentzer JT, DeWitt W, Keebler JS, Min S, Nix, N. W., Smith CD, Zacharia ZG (2001) Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics* 22 (2):1-25
- Meuser M, Nagel U (2009) Das Experteninterview - Konzeptionelle Grundlagen Und Methodische Anlage. In: Pickel S, Pickel G, Lauth H-J, Jahn D (eds) *Methoden Der Vergleichenden Politik- Und Sozialwissenschaft*. Springer VS, Wiesbaden, Germany, pp 465-479
- Miles M, Huberman A (1994) *Qualitative Data Analysis. An Expanded Sourcebook*. 2nd edn. Sage, Thousand Oaks, CA
- Poirier CC, Bauer MJ (2000) *E-Supply Chain: Using the Internet to Revolutionize Your Business - How Market Leaders Focus Their Entire Organization on Driving Value to Customers*. Berrett-Koehler, San Francisco, CA
- Porter M (1985) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press, New York, NY
- Seyal AH, Rahman MNA, Mohammad HAYHA (2007) A Quantitative Analysis of Factors Contributing Electronic Data Interchange Adoption among Bruneian Smes: A Pilot Study. *Business Process Management Journal* 13 (5):728-746
- Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-Levi E (2000) *Design and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill, New York, NY
- Themistocleous M, Irani Z, Love PE (2004) Evaluating the Integration of Supply Chain Information Systems: A Case Study. *European Journal of Operational Research* (2):393-405
- Tummala VR, Phillips CL, Johnson M (2006) Assessing Supply Chain Management Success Factors: A Case Study. *Supply Chain Management: An International Journal* (2):179-192
- Zhou H, Benton Jr WC (2007) Supply Chain Practice and Information Sharing. *Journal of Operations Management* 25 (6):1348-1365

# Mentoring in Massive Open Online Courses – Eine Nutzenanalyse auf Basis des IS-Success-Modells

Katharina Drawert<sup>1</sup>, Moritz Mager<sup>1</sup>, Burkhardt Funk<sup>1</sup>, Roman Trötschel<sup>1</sup> und Corinna Peifer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Leuphana Universität Lüneburg, katharina.drawert@stud.leuphana.de, moritz.mager@stud.leuphana.de, funk@leuphana.de, troetschel@leuphana.de

<sup>2</sup> Ruhr Universität Bochum, corinna.peifer@ruhr-uni-bochum.de

## Abstract

Die Bedeutung von Massive Open Online Courses (MOOCs) als Ergänzung oder Teil eines Studiums ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Aufgrund der im Vergleich mit traditionellen Lehrangeboten hohen Abbruchquoten werden deshalb Ansätze, wie beispielsweise die persönliche Betreuung (Mentoring) der MOOC Teilnehmer gesucht, die zur Bindung und zum Erfolg der Studierenden beitragen. In Anlehnung an das IS Success Modell von Delone & McLean wird in der vorliegenden Arbeit der Einfluss von Service- und Systemqualität auf die Nutzerzufriedenheit und den persönlichen Nutzen untersucht. Die empirische Erhebung wurde während eines realen MOOCs durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Servicequalität einen starken Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit bzw. die Nutzerzufriedenheit ihrerseits einen starken Einfluss auf den persönlichen Nutzen hat. Einen Einfluss der Systemqualität auf die Nutzerzufriedenheit konnte hingegen nicht nachweisen werden. Die Ergebnisse der Studie liefern Hinweise auf die zukünftige Gestaltung MOOCs.

## 1 Einleitung

Die Vermittlung von Wissen in einem universitären Kontext beschränkte sich bis zu der flächendeckenden Verbreitung des Internets in Privathaushalten auf die physische Anwesenheit in Vorlesungen, Seminaren oder Übungen. Massive Open Online Courses (MOOCs) haben diese Situation maßgeblich geändert.

Obwohl die Verbreitung von MOOCs hoch und die Zahl der Anbieter wie Coursera, Udacity oder EdX groß ist, ist die Motivationslage von Teilnehmer, bspw. warum sie teilnehmen oder auch abbrechen, bisher nur im Ansatz erforscht. Gerade die Frage, was den Erfolg eines MOOCs beeinflusst, wurde bisher nur wenig untersucht (Adamopoulos, 2013; Zheng, 2015). In dieser Arbeit wird unter Erfolg eines MOOCs der Erfolg aus Sicht einzelner Teilnehmer verstanden. Dabei liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Frage, in wie weit die Betreuung der Teilnehmer durch Mentoring für dessen Erfolg relevant ist. In der Studie *Mentoring at scale: MOOC mentor interventions towards a connected learning community* stellten Leon Urrutia et al. (2015) fest, dass Mentoren

einen entscheidenden Beitrag zur Schaffung einer Lerngemeinschaft leisten, auch wenn diese, wie die Teilnehmer auch, geografisch verteilt waren. Der Beitrag dieser Arbeit liegt in der Untersuchung des Mentoring Aspektes in MOOCs unter Verwendung des IS Success Modell von DeLone & McLean (2002).

Im Folgenden werden nach einer kurzen Einführung zum Thema MOOCs und die Erläuterung des IS Success Modells die Hypothesen unserer Arbeit vorgestellt. Der Kontext der empirischen Erhebung wird anschließend erläutert. Analyse und Ergebnisse werden eingehend vorgestellt und diskutiert. Der Ausblick gibt Anhaltspunkte für weitere Untersuchungen und Forschungen.

## 2 Grundlagen

Im Jahr 2008 haben George Siemens und Stephen Downes an der Universität Manitoba in Kanada eine Vorlesung über das Internet verbreitet und dabei über 2200 Teilnehmer weltweit erreichen können. Dieses Ereignis ging als der erste Massive Open Online Course in die Geschichte ein. Seitdem bieten die meisten Universitäten eigene MOOCs an. In der Regel ist die Teilnahme an einem MOOC kostenlos, die Ausstellung eines Zertifikats nach erfolgreicher Teilnahme jedoch nur gegen Gebühr möglich (Margaryan, Bianco, Littlejohn 2014).

Verglichen mit klassischen e-Learning Angeboten sind MOOCs weltweit in einer Vielzahl von verschiedenen Netzwerken verbreitet und erreichen dabei durchschnittlich große Nutzerzahlen. Dabei sind sie jedoch ein relativ neues Phänomen und bieten daher noch Potential für wissenschaftliche Forschungen (Zheng, Rosson, Shih, Carroll, 2015). Wie e-Learning auch, sind MOOCs spezielle Formen von Informationssystemen (IS) (Wang, Wang, Shee, 2005). Für die Erfolgsmessung von IS wird häufig das IS Success Modell von DeLone und McLean (2002) verwendet (Abbildung 1). Die wesentlichen Veränderungen im Vergleich zum ursprünglichen Modell von 1992 sind die Zusammenführung von *Individual Impact* und *Organizational Impact* zu *Net Benefit* und die für unsere Studie wichtige Ergänzung um das Konstrukt *Servicequalität* (DeLone & McLean, 2002). Die Hinzunahme des Konstrukts Servicequalität zeigt, dass die Bedeutung von Services in IS Systemen steigt (Leon Urrutia et al. 2015). Besonders Studien im e-Learning Bereich fanden auf Basis des IS Success Modells statt und konnten unter anderem die Bedeutung der Servicequalität nachweisen. So haben Wang und Chiu (2010) in ihrer Studie *Assessing e-learning 2.0 system success* die Erfolgsfaktoren von e-Learning Systemen untersucht und festgestellt, dass die Kommunikationsqualität, die Informationsqualität und Servicequalität maßgeblich die Nutzerzufriedenheit beeinflussen.

Kim, Trimi, Park & Rhee (2012) haben in ihrer Studie *The Impact of CMS Quality on the Outcomes of E-learning Systems in Higher Education* den Erfolg von Course Management Systemen (CMS) basierend auf Nutzerzufriedenheit und *Benefits* untersucht. Informations-, System- und Lehrqualität hatten jeweils einen Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit, wobei der Lehrqualität der größte Einfluss zugeschrieben wurde. Islam (2013) legt den Fokus seiner Studie *Investigating e-learning system usage outcomes in the university context* auf Faktoren, die die Adaption von e-Learning Systemen begründen.

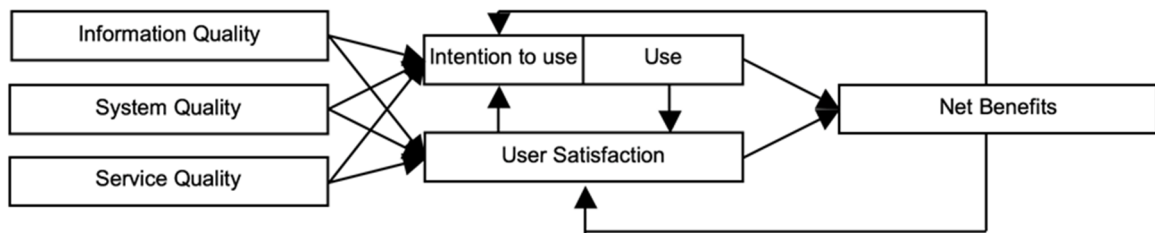


Abbildung 1: IS Success Modell (DeLone & McLean, 2002)

Im Gegensatz zu den bisher angeführten Studien basiert seine Untersuchung auf dem von Bagozzi, Davis und Warshaw (1992) entwickelten Technology-Acceptance Modell (TAM). Es wird vorwiegend angewandt um Faktoren zu analysieren, die die Nutzer zur Nutzung einer neuen Technologie bewegen (Mohammadi, 2015). Mohammadi (2015) kombinierte daher in seiner Studie *Factors affecting the e-learning outcomes: An integration of TAM and IS success model* TAM und das IS Success Modell um u.a. den Einfluss der Merkmale Service-, System- und Informationsqualität auf Nutzerzufriedenheit und beabsichtigte Nutzung zu analysieren. Nutzerzufriedenheit und beabsichtigte Nutzung beeinflussten wiederum die tatsächliche Nutzung und die wahrgenommene Betreuung der Teilnehmer. Lee & Lee (2008) fokussieren auf die Lernumgebung beim e-Learning. Das unter Einfluss von IS Success entwickelte Modell zeigte, dass neben der System- und Informationsqualität besonders die Servicequalität – in der Studie als Interaktion zwischen Teilnehmer und Lehrenden definiert – für die Zufriedenheit der Nutzer von Bedeutung ist. Eine Untersuchung von MOOCs mit Hilfe des IS Success Modells liegt bisher nicht vor und ist Gegenstand dieses Artikels.

### 3 Hypothesen und Modell

Das IS Success Modell wurde in der vorliegenden Studie als Basis genommen, um den Erfolg eines MOOCs zu analysieren. Als relevante Konstrukte wurden Systemqualität, Servicequalität, Nutzerzufriedenheit und persönlicher Nutzen identifiziert. Die Konstrukte Informationsqualität und Nutzung, bzw. beabsichtigte Nutzung werden - unter anderem aus Vereinfachungsgründen - in dem hier behandelten Modell nicht berücksichtigt. Das Wegfallen des Konstruktes Nutzung folgt dabei der Argumentation von Seddon (1997), der angibt, dass Nutzung keine Erfolgsvariable in einem Kausalmodell darstellt. Darüber hinaus sind beabsichtigte Nutzung und Nutzerzufriedenheit stark miteinander verflochten, sodass eine Zusammenfassung in Nutzerzufriedenheit gerechtfertigt erscheint (DeLone & McLean, 2002).

Unter Servicequalität wird die Unterstützung, die Nutzer vom Informationssystem erhalten, wie z.B. ein Training oder ein Helpdesk für Rückfragen, verstanden (Mohammadi, 2015). Durch den Fokus auf MOOCs wird unter Servicequalität hier die (Online-)Betreuung durch Mentoren, Lehrende und Mitarbeiter des MOOC-Anbieters verstanden, die auch für die Aufbereitung der Informationen verantwortlich sind. Aufgrund dessen kann das Konstrukt Informationsqualität vernachlässigt werden, da es in der Servicequalität berücksichtigt wird.

In der Vergangenheit konnte bereits in diversen Studien zu IS Success-Modellen - unter anderen im e-Learning-Bereich - die Bedeutung der Systemqualität auf die Nutzerzufriedenheit bestätigt werden (Islam, 2013; Kim, Trimi, Park & Rhee, 2012; Wang & Chiu, 2011), daher gilt auch hier die Hypothese:

*H1: Die Systemqualität hat einen positiven Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit.* Gleiches gilt für den positiven Einfluss der Servicequalität auf die Nutzerzufriedenheit (Mohammadi, 2015; Wang & Chiu, 2011):

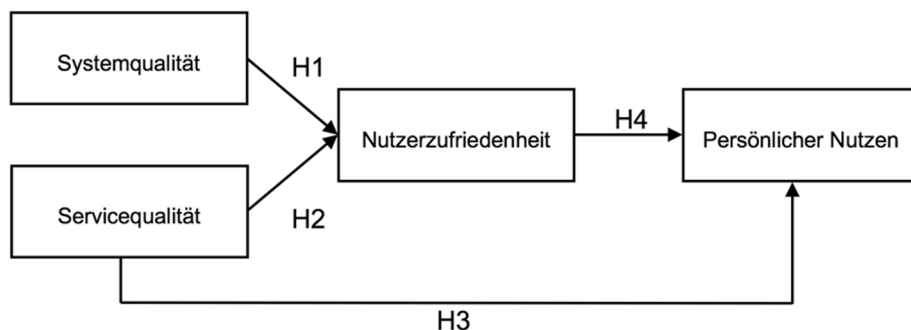
*H2: Die Servicequalität hat einen positiven Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit.* Rai & Chunrao (2016) argumentierten, dass persönlicher Kontakt und Interaktion mit Lehrenden den Lernerfolg erhöhen (Rai & Chunrao, 2016). Daher wird im Gegensatz zum herkömmlichen Modell von einem positiven Einfluss der Servicequalität – die die Interaktion mit Lehrenden beinhaltet – auf den persönlichen Nutzen ausgegangen:

*H3: Die Servicequalität hat einen positiven Einfluss auf den persönlichen Nutzen.* Gemäß dem IS Success Modell stellt eine hohe Nutzerzufriedenheit eine maßgebliche Einflussgröße für den persönlichen Nutzen dar (DeLone & McLean, 2002) und konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden (Lee & Lee, 2008; Hsieh & Cho, 2011):

*H4: Die Nutzerzufriedenheit hat einen positiven Einfluss auf den persönlichen Nutzen.* Das Forschungsmodell beinhaltet somit vier Konstrukte. Der Aufbau des Modells lässt sich Abbildung 2 entnehmen. Eine strenge Limitierung der Fragenanzahl bekräftigt die Entscheidung, das Modell auf vier Konstrukte zu beschränken. Ein einfaches Modell kann auch bei kleiner Stichprobe qualitativ gute Aussagen treffen (Nitzl, 2010). Die Konstrukte sind in Tabelle 1 definiert.

Konstrukt	Definition	Quelle
Servicequalität	Qualitätsfaktor für den erwarteten Support (durch Mentoren und Lehrende), den die Nutzer in Anspruch nehmen können	Petter, DeLone und McLean, 2008
Systemqualität	Die erwarteten Eigenschaften und Funktionen von dem System	Petter, DeLone und McLean, 2008
Nutzerzufriedenheit	Das Ausmaß darüber, in wie weit die Bedürfnisse, Ziele und Wünsche während des MOOC erfüllt werden	Sanchez-Franco, 2009
Persönlicher Nutzen	Drückt aus, inwieweit der MOOC zum Erfolg einzelner Personen beitragen kann	Gemlik, Neumann, Sprenger und Breitner, 2010 Petter, DeLone und McLean, 2008

**Tabelle 1: Definition der Konstrukte**



**Abbildung 2: Forschungsmodell**

## 4 Empirische Datenbasis

Die Digital School der Leuphana Universität in Lüneburg bietet Massive Open Online Courses an. Sie fokussiert sich dabei jedoch auf die Betreuung der Teilnehmer und beschreibt daher das Angebot als Mentored Open Online Courses. Sie folgt damit dem Trend über die Verlagerung von selbstweisenden zu Tutoren-gestützten MOOCs (Preston, Younie, 2014).

Für die Untersuchung der Hypothesen und der Darstellung der Ergebnisse wurde während eines MOOCs ein Fragebogen an die Teilnehmer versendet. Die vorliegenden Daten entstammen aus Befragungen der Teilnehmer des MOOCs *Psychology of Negotiations - Reaching Sustainable Agreements in Negotiations on Commons* der Leuphana Digital School.

Der Kurs fand von Mai bis August 2014 statt und war offen für Teilnehmer aus der ganzen Welt. Die Teilnehmerzahl wurde auf 1000 begrenzt um die Qualität der Beratung und Führung durch Mentoren und Lehrende zu gewährleisten.

Der Kurs selbst war gebührenfrei, jedoch konnten die Teilnehmer mit einem erfolgreichen Abschluss des Kurses ein Zertifikat der Universität erhalten, welches gegen eine Gebühr von 20 € ausgestellt wurde. Aufgrund der internationalen Ausrichtung des Kurses wurde die Befragung in Englisch durchgeführt, wobei zur Erfassung der einzelnen Konstrukte mit Hilfe von Items eine sieben-stufige Likert Skala verwendet wurde. Die Antwortmöglichkeiten reichten von „Strongly disagree (1)“ bis „Strongly Agree (7)“. Die Beantwortung der Umfrage unterlag einer freiwilligen Basis. Die Erhebung aller für die Modellschätzung wichtigen Indikatoren fand an zwei Zeitpunkten statt: während des Kurses ( $T_1$ ) und zum Ende des Kurses ( $T_2$ ). Die im Forschungsinstrument (Tabelle 3) beschriebenen Indikatoren sind in den Fragebögen  $T_1$  und  $T_2$  enthalten.

Die Fragebögen wurden an alle Teilnehmer verschickt. Beim Fragebogen  $T_1$  lagen 32 Antworten vor, wovon nach Bereinigung von ungültigen oder unvollständigen Antworten 29 verwertbar waren. Die Bereinigung ungültiger und unvollständiger Antworten reduzierte die nutzbaren Antworten in  $T_2$  von 48 auf 36. Die Umfrage erfolgte anonym, die Teilnehmer wurden jedoch gebeten, einen individuellen Code einzugeben. Dadurch sollten doppelte Datensätze identifiziert werden. Bei der Auswertung wurde jedoch deutlich, dass die individuellen Codes bei einem Großteil der Rückmeldungen fehlten, sodass das Risiko der doppelten Berücksichtigung von Teilnehmern besteht.

Insgesamt liegen 65 Datensätze für die Modellüberprüfung vor, was einen relativ kleinen Stichprobenumfang darstellt. Das in dieser Arbeit überprüfte Modell ist mit zwei unabhängig latenten (Systemqualität und Servicequalität) und zwei abhängig latenten Variablen (Nutzerzufriedenheit und persönlicher Nutzen) verhältnismäßig einfach, daher kann auch ein kleiner Stichprobenumfang ausreichende Erkenntnisse liefern (Nitzl, 2010). Zur Kalkulation einer minimalen Stichprobengröße kommt dabei häufig eine Faustregel zur Anwendung, nach der die Stichprobengröße mindestens das zehnfache des Konstruktes mit der größten Anzahl zu schätzender Parameter sein sollte (Islam, 2013). Dieses Kriterium wurde erfüllt. Dennoch sollte bei der Interpretation der Ergebnisse der Stichprobenumfang berücksichtigt werden. Die Demographischen Daten der Fragebögen  $T_1$  und  $T_2$  sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

	Anzahl	In Prozent
<i>Geschlecht</i>		
Weiblich	40	62
Männlich	25	38
<i>Alter</i>		
21- 30 Jahre	35	54
31- 40 Jahre	10	15
> 40 Jahre	20	31
<i>Herkunft</i>		
Deutschland	27	42
Europa (excl. Deutschland)	18	28
Afrika	6	9
Asien	6	9
Nordamerika	4	6
Südamerika	4	6
<i>Total</i>	65	100

Tabelle 2: Demographische Daten

Konstrukt	Indikatoren	Faktorladungen
Servicequalität	The Leuphana Digital School provides a proper level of online assistance and explanation.	0,794
	The teaching staff is highly availability for consultation.	0,913
	The teaching staff provides satisfactory support to users using Leuphana Digital School.	0,887
Systemqualität	Leuphana Digital School's technical system has attractive features to appeal to the users.	0,876
	Leuphana Digital School's technical system is easy to use.	0,856
	Leuphana Digital School's technical system provides a personalized information presentation.	0,828
Nutzerzufriedenheit	Most of the users bring a positive attitude or evaluation towards Leuphana Digital School.	0,763
	You are satisfied with Leuphana Digital School.	0,907
Persönlicher Nutzen	Leuphana Digital School helps you think through problems.	0,930
	All in all, my knowledge has been enriched as a result of the course	0,763

Tabelle 3: Fragebogen

## 5 Ergebnisse

Zur Evaluierung des Forschungsmodells und der Hypothesen wurde die Partial-Least-Square(PLS)-Methode verwendet. Dabei werden „die Modellparameter so geschätzt, dass der Anteil der erklärten Varianz, der abhängigen Variable und der Indikatoren eines reflektiv gemessenen Konstrukts maximiert wird“ (Nitzl, 2010, 16). Ein besonderer Vorteil der PLS-



Methode ist ihre Anwendungsmöglichkeit auch bei verhältnismäßig kleiner Stichprobengröße (Nitzl, 2010). Zur Analyse wurde die Softwareapplikation SmartPLS<sup>1</sup> verwendet.

Für die Modellbeurteilung wurde zunächst das äußere Messmodell einer Güteprüfung unterzogen. Die Konvergenzvalidität wurde anhand der Kriterien Indikatorreliabilität, Konstruktreliabilität und durchschnittlich erfasste Varianz (DEV) kritisch betrachtet, während die Validität mithilfe der Diskriminanzvalidität überprüft wurde.

Die Indikatorreliabilität testet, ob sich ein Indikator für die Messung einer latenten Variable eignet. Eine Faktorladung  $\lambda > 0,7$  gilt als signifikant (Nitzl, 2010). Der Wert wurde von allen Indikatoren erreicht (Tabelle 3). Die Konstruktreliabilität  $\rho$  untersucht unter Einsatz der internen Konsistenz (Composite reliability (CR)) „wie gut die Indikatoren eine latente Variable wiedergeben“ (Nitzl, 2010, 25). Ein Wert von  $\rho \geq 0,6$  gilt als akzeptabel (Ringle & Spreen, 2007). Das Messmodell weist bei allen Variablen  $\rho > 0,8$  auf und liegt damit deutlich über dem Schwellenwert (Tabelle 4). Nach Chin (1998b) ist dieses Gütekriterium für die interne Konsistenz dem häufig verwendeten Cronbach's Alpha vorzuziehen, da Cronbach's Alpha bei Verwendung der PLS-Methode zur Unterschätzung der internen Konsistenz neigt. Die durchschnittlich erfasste Varianz (DEV) „setzt den Anteil der erklärten Varianz in Relation zum Messfehler einer latenten Variable“ (Nitzl, 2010, 25). Ein Wert von  $DEV \geq 0,5$  stellt einen ausreichend hohen Wert dar. Die DEV liegt mit  $DEV > 0,7$  ebenfalls über dem genannten Schwellenwert und ist somit akzeptabel. Die entsprechenden Werte für die Konstruktreliabilität und die DEV können Tabelle 4 entnommen werden. Die Diskriminanzvalidität hingegen „gibt an, in welchem Ausmaß sich die Indikatoren eines Konstrukts von denen eines anderen Konstrukts unterscheiden“ (Nitzl, 2010, 26). Zur Überprüfung der Diskriminanzvalidität kann das Fornell-Larcker-Kriterium und die Kreuzladungen herangezogen werden. Bei ersterem wird die Wurzel der DEV einer latenten Variable verglichen mit jeder Korrelation dieser latenten Variable mit einer anderen latenten Variablen und sollte stets größer sein (Nitzl, 2010). Das Fornell-Larcker-Kriterium wird erfüllt (Tabelle 5). Die Kreuzladungen können Tabelle 6 entnommen werden. Ein Indikator sollte dabei die stärkste Beziehung mit dem ihm zugeordneten Konstrukt aufweisen (Nitzl, 2010), was ebenfalls erfüllt ist.

Das Messmodell erfüllt damit alle Gütekriterien. Zur Beurteilung des Strukturmodells (inneres Messmodell) das Bestimmtheitsmaß  $R^2$ , die Pfadkoeffizienten, die Effektstärke  $f^2$  und die Prognoserelevanz  $Q^2$  herangezogen. Die Werte für das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  sind in Tabelle 4 enthalten. Das Bestimmtheitsmaß „gibt den Anteil der erklärten Varianz im Verhältnis zur Gesamtvarianz an“ (Nitzl, 2010, 32). Eine Einteilung relevanterer Schwellenwerte wurde von Chin (1998b) in einer Studie ermittelt. Die Werte für  $R^2$  von 0,67, 0,33 und 0,19 wurden in „substanziell“, „mittelgut“ und „schwach“ eingeteilt. In dieser Studie sind die  $R^2$  dementsprechend als „mittelgut“ (Nutzerzufriedenheit: 0,387 / persönlicher Nutzen: 0,369) einzustufen.

Die Schwellenwerte für die Effektstärke  $f^2$  wurden von Chin (1998b) in 0,02, 0,15 bzw. 0,35 eingeteilt, das heißt, eine unabhängige latente Variable hat einen geringen, mittleren bzw. großen Einfluss auf eine abhängige latente Variable. Demnach weist Nutzerzufriedenheit auf den persönlichen Nutzen ( $f^2=0,320$ ) einen mittleren Einfluss und Servicequalität auf Nutzerzufriedenheit ( $f^2=0,517$ ) einen großen Einfluss aus.

---

<sup>1</sup> SmartPLS ist ein Produkt der SmartPLS GmbH und wurde in der Version 3.2.1 genutzt.

Faktor	DVE	CR	R <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Persönlicher Nutzen	0,724	0,838	0,398	0,239
Servicequalität	0,750	0,900		
Systemqualität	0,729	0,890		
Nutzerzufriedenheit	0,703	0,824	0,408	0,254

Tabelle 4: Übersicht Gütekriterien

	Persönlicher Nutzen	Nutzerzufriedenheit	Servicequalität	Systemqualität
Persönlicher Nutzen	<b>0,851</b>			
Nutzerzufriedenheit	0,626	<b>0,838</b>		
Servicequalität	0,452	0,629	<b>0,866</b>	
Systemqualität	0,248	0,319	0,345	<b>0,854</b>

Tabelle 5: Fornell-Larcker-Kriterium

Die Pfadkoeffizienten  $\gamma$  geben die Stärke der Beziehung zwischen den latenten Variablen an. Sie können Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Ein Wert Nahe 0 gilt als schwach. Als signifikant wird ein Wert kleiner -0,2 oder größer 0,2 angesehen (Chin, 1998a, 11). Dementsprechend hat die Nutzerzufriedenheit auf den persönlichen Nutzen ( $\gamma = 0,565$ ;  $p < 0,001$ ) und die Servicequalität auf die Nutzerzufriedenheit ( $\gamma = 0,589$ ;  $p < 0,001$ ) einen wesentlichen Einfluss (Abbildung 3). Die mithilfe der Bootstrapping-Methode von SmartPLS ermittelten t-Werte bestätigen die Signifikanz der beiden Pfadkoeffizienten. Systemqualität auf Nutzerzufriedenheit ( $\gamma=0,116$ ) und Servicequalität auf persönlichen Nutzen ( $\gamma = 0,097$ ) haben hingegen keinen signifikanten Einfluss.

	Persönlicher Nutzen	Nutzerzufriedenheit	Servicequalität	Systemqualität
Problemorientiertes Denken	<b>0,930</b>	0,644	0,475	0,203
Neu erlerntes Wissen	<b>0,763</b>	0,370	0,250	0,237
Zufriedenheit	0,688	<b>0,907</b>	0,541	0,339
Nutzereinstellung	0,293	<b>0,763</b>	0,526	0,168
Verfügbare Beratung	0,479	0,546	<b>0,913</b>	0,257
Onlinehilfe	0,317	0,529	<b>0,794</b>	0,493
Tutorenunterstützung	0,369	0,562	<b>0,887</b>	0,168
Einfache Bedienung	0,155	0,227	0,220	<b>0,856</b>
Gute Funktionalitäten	0,258	0,224	0,325	<b>0,876</b>
Persönliche Informationen	0,216	0,334	0,325	<b>0,828</b>

Tabelle 6: Kreuzladungen

Das Geisser-Stone-Kriterium stützt sich auf eine von Geisser und Stone entwickelte Methode zur Wiederverwertung von Daten und sieht eine ausreichende Prognoserelevanz als gegeben, wenn  $Q^2 > 0$  (Nitzl, 2010). Die Berechnung erfolgte mithilfe der Blindfolding-Methode in SmartPLS. Das Kriterium wird erfüllt (Tabelle 4).

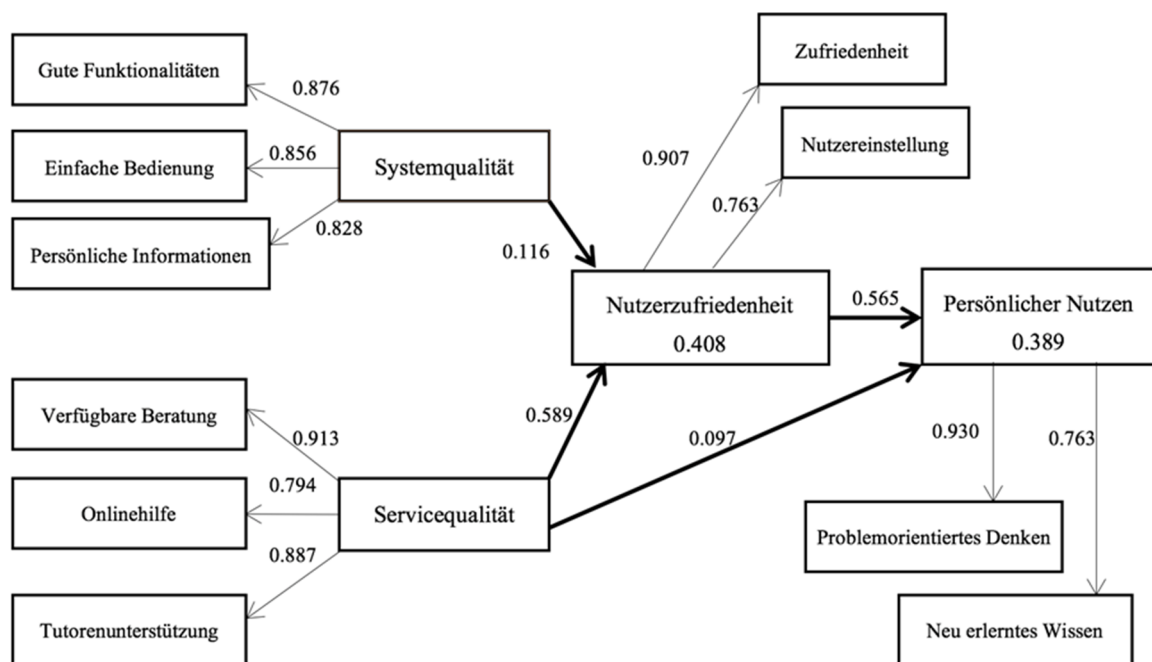


Abbildung 3: PLS Modellergebnisse

## 6 Interpretation und Diskussion

Die Arbeit hat das IS Success-Modell abgewandelt um MOOC Erfolg aus Sicht der Teilnehmer zu untersuchen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Servicequalität einen Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit und die Nutzerzufriedenheit wiederum einen starken Einfluss auf den persönlichen Nutzen hat (H2 und H4 bestätigt). Anders ausgedrückt, die Betreuung durch Lehrende und Mentoren haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Zufriedenheit der Teilnehmer eines MOOCs. Allerdings konnte keine Beziehung zwischen der Servicequalität und dem persönlichen Nutzen ermittelt werden (H3 nicht bestätigt). Das bedeutet, dass eine gute Servicequalität nicht unmittelbar zu einer Verbesserung des (wahrgenommenen) Erfolgs der Teilnehmer führt, sondern lediglich über einen vermittelten Einfluss verfügt (Servicequalität → Nutzerzufriedenheit → persönlicher Nutzen;  $\gamma = 0,333$ ).

Die Analysen legen den Schluss nahe, dass die Servicequalität – also die Betreuung eines MOOCs durch Tutoren und Mentoren – eine substantielle Rolle für die Nutzerzufriedenheit und in der Folge auch für den persönlichen Nutzen der Teilnehmer spielt. Zukünftige MOOC-Anbieter sollten daher erwägen, den Nutzen ihrer Kurse durch zusätzliche Betreuungsangebote zu steigern.

Überraschend ist, dass die Systemqualität keine ausschlaggebende Wirkung auf die Nutzerzufriedenheit aufweist (H1 nicht bestätigt), obwohl dieser in vergangenen Studien durchaus Einfluss nachgewiesen werden konnte (Freeze u.a., 2010; Islam, 2013; Mohammadi, 2015). Eine Übersicht lässt sich Tabelle 7 entnehmen.

Auffällig ist auch, dass die  $R^2$ -Werte lediglich im „mittelguten“ Bereich liegen (Chin, 1998b, 323). Dies ist ein Zeichen, dass es noch andere Faktoren gibt, die die Variablen Nutzerzufriedenheit und persönlicher Nutzen beschreiben könnten (Freeze u.a., 2010, 179). Die IS Success-Perspektive scheint daher nur ein Teil des MOOC Erfolgs zu erklären. Zum besseren Verständnis bedarf es einer Erweiterung des Modells. Gleichzeitig lag der Fokus der Studie auf der Überprüfung der

Servicequalität. Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmer dem Service eine zentrale Rolle zusprechen. Mentoring sollte daher in Zukunft bei der Entwicklung von MOOCs verstärkt berücksichtigt werden.

	Hypothesen		Pfad- koeffizient	t-Wert	Hypothese bestätigt?
<b>H1</b>	Systemqualität	→ Nutzerzufriedenheit	0,116	0,792	<input type="checkbox"/>
<b>H2</b>	Servicequalität	→ Nutzerzufriedenheit	0,589	4,934	<input type="checkbox"/>
<b>H3</b>	Servicequalität	→ Persönlicher Nutzen	0,097	0,516	<input type="checkbox"/>
<b>H4</b>	Nutzerzufriedenheit	→ Persönlicher Nutzen	0,565	3,943	<input type="checkbox"/>

**Tabelle 7: Hypothesenübersicht**

## 7 Limitationen

Als eine der ersten im Rahmen von MOOCs durchgeführten Studien weist das Paper einige Limitation auf. Freiwillig auszufüllende Fragebögen haben meist eine Verzerrung der Ergebnisse zur Folge, da besonders aktive dem MOOC gegenüber positiv eingestellte Teilnehmer antworten. Zudem ist die untersuchte Stichprobe begrenzt auf einen MOOC einer Universität. Es ist eine größere Stichprobe und eine Erweiterung der Studie auf andere Universitäten, bzw. andere MOOCs nötig, um eine Verallgemeinerung der Ergebnisse zu legitimieren. Hinzu kommt, dass die Erhebung an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten stattfand, die zusammengefasst und als eine Erhebung analysiert wurden. Die Gefahr der doppelten Erfassung von Teilnehmern besteht und kann zu einer Überschätzung der Signifikanzen führen. Gleichzeitig wurden mögliche Veränderungen durch neue Erfahrungen bzw. Wissen der Teilnehmer im Zeitverlauf vernachlässigt. Die Unterschiede der MOOC-Teilnehmer in Alter und Herkunft können ebenfalls zu Verzerrungen der Ergebnisse führen, da unterschiedliche Kulturen, Berufserfahrung, oder Bildung zu unterschiedlichen Ansprüchen führen. Gleichzeitig können kulturelle Vielfalt und menschliche Faktoren Basis für weitere Studien bieten.

## 8 Zukünftige Forschung

In vergangenen Arbeiten wurde bereits das Technology-Acceptance-Modell (TAM) von Bagozzi, Davis und Warshaw (1992) u.a. als eine sinnvolle Ergänzung zum IS Success Modell im e-Learning-Bereich identifiziert (Mohammadi, 2015) und könnte auch auf MOOCs anwendbar sein. Aus einer etwas anderen Richtung käme das Community of Inquiry (COI)-Modell von Garrison, Anderson und Archer (1999). Es besteht aus den drei Komponenten „cognitive“, „social“ und „teaching presence“ die in der „educational experience“ münden. Die „Educational Experience“ kann dabei aus der IS Success Perspektive als Nutzerzufriedenheit oder persönlicher Nutzen interpretiert werden und damit die Verbindung der beiden Modelle herstellen (Freeze u. a., 2010). Da ein MOOC zumeist ein von Universitäten angebotener Kurs ist, der bei erfolgreichem Abschluss Credit Points gutschreibt und ein Zertifikat ausstellt, liegt es nahe, den Bildungscharakter des MOOC mithilfe des COI-Modells zu analysieren.

In zukünftigen Studien sollte der Fokus weniger auf der IS Success Perspektive liegen, sondern vielmehr weitere etablierte Modelle wie beispielsweise TAM oder COI berücksichtigen. Dabei ist es wichtig, den Schwerpunkt auf MOOCs zu legen um den noch bestehenden Forschungsbedarf zu decken.

## 9 Literatur

- Adamopoulos P (2013) What makes a great MOOC? An interdisciplinary analysis of student retention in online courses. *Proceedings der 34<sup>th</sup> International Conference on Information Systems*, 1-21
- Alsabawy AY, Cater-Steel A, Soar J (2013) It infrastructure services as a requirement for e-learning system success. *Computers & Education*, 69, 431–451
- Bagozzi RP, Davis FD, Warshaw PR (1992) Development and test of a theory of technological learning and usage. *Human relations*, 45 (7), 659–686
- Chin WW (1998a) Commentary: issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly*, 22(1) vii-xvi
- Chin WW (1998b) The partial least squares approach to structural equation modeling. G.A. Marcoulides (Hrsg.). *Modern methods for business research*, 295 (2), 295–336
- DeLone WH, McLean ER (2002) Information systems success revisited. In *HICSS Proceedings of the 35th HICSS conference*, 2966–2976
- Fornell C, Larcker DF (1981) Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research* 18(1), 39–50
- Freeze RD, Alshare KA, Lane PL, Joseph Wen H (2010) Is success model in e-learning context based on students' perceptions. *Journal of Information Systems Education*, 21(2), 173
- Garrison DR, Anderson T, Archer W (1999) Critical inquiry in a text-based environment: computer conferencing in higher education. *The internet and higher education*, 2(2), 87–105
- Geisser S (1974) A predictive approach to the random effect model. *Biometrika*, 61(1), 101–107
- Gemlik A, Neumann M, Sprenger J, Breitner MH (2010) Praxisrelevanz des Modells von Delone und Mclean zur Erfolgsmessung von Informationssystemen. In K.-P. Fähnrich & B. Franczyk (Hrsg.), *GI Jahrestagung* (2) Bd. 176, 615–620
- Islam AN (2013) Investigating e-learning system usage outcomes in the university context. *Computers & Education*, 69, 387–399
- Jakobowicz E (2006) Understanding pls path modeling parameters estimates: a study based on monte carlo simulation and customer satisfaction surveys. In *Compstat 2006, 17th symposium on computational statistics*, 721–728
- Kim K, Trimi S, Park H, Rhee S (2012) The impact of cms quality on the outcomes of e-learning systems in higher education: an empirical study. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 10(4), 575–587
- Lee J-K, Lee W-K (2008) The relationship of e-learner's self-regulatory efficacy and perception of e-learning environmental quality. *Computers in Human Behavior*, 24(1), 32–47
- Leon Urrutia M, White S, Dickens K, White S (2015) Mentoring at scale: MOOC mentor interventions towards a connected learning community
- Lohmöller J-B (2013) *Latent variable path modeling with partial least squares*. Springer Science & Business Media

- Margaryan A, Bianco M, Littlejohn A (2015) Instructional quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). *Computers & Education* 80: 77-83
- Mohammadi H (2015) Factors affecting the e-learning outcomes: an integration of tam and is success model. *Telematics and Informatics*, 32(4), 701–719
- Nitzl C (2010) Eine anwenderorientierte Einführung in die Partial Least Square (PLS) Methode. Universität Hamburg, Institut für Industrielles Management, Hamburg
- Petter S, DeLone W, McLean E (2008) Measuring information systems success: models, dimensions, measures, and interrelationships. *European journal of information systems*, 17(3), 236–263
- Preston C, Sarah Y Mentoring in a Digital World: what are the issues?. KEYCIT 2014–Key Competencies in Informatics and ICT (Preliminary Proceedings): 211
- Rai L, Chunrao D (2016) Influencing factors of success and failure in mooc and general analysis of learner behavior. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(4), 262
- Ringle CM, Spreen F (2007) Beurteilung der Ergebnisse von PLS-Pfadanalysen. *Das Wirtschaftsstudium*, 36(2), 211–216
- Sanchez-Franco MJ (2009) The moderating effects of involvement on the relationships between satisfaction, trust and commitment in e-banking. *Journal of Interactive Marketing*, 23(3), 247–258.
- Seddon PB (1997) A respecification and extension of the Delone and Mclean model of is success. *Information systems research*, 8 (3), 240–253
- Siemens G (2005) Connectivism: a learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1) [Online] [http://www.itdl.org/Journal/Jan\\_05/article01.htm](http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm)
- Wang HC, Chiu YF (2011) Assessing e-learning 2.0 system success. *Comput. Educ.* 57, 1790–1800
- Zheng S (2015) Understanding Student Motivation, Behaviors and Perceptions in MOOCs. *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*. ACM

# Effective CIO/CEO Communication

Alexander Hütter<sup>1</sup>, Thomas Arnitz<sup>2</sup>, and René Riedl<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> MIC Customs Solutions, Linz, a@huetter.xyz

<sup>2</sup> Ligaportal GmbH, Sattledt, arnitz@ligaportal.at

<sup>3</sup> University of Applied Sciences Upper Austria, Campus Steyr, rene.riedl@fh-steyr.at

<sup>4</sup> University of Linz, Department of Business Informatics – Information Engineering

## Abstract

Communication between the CIO and the CEO is important to achieve a shared understanding of the current and future role of IT in an organization. Such a shared CIO/CEO understanding has been shown to positively affect organizational IT success. Despite the importance of CIO/CEO communication, only a few studies have examined how CIOs and CEOs can achieve effectiveness in their interactions. To advance knowledge on CIO/CEO communication, we integrated existing research findings into a CIO/CEO communication model, and derived corresponding propositions. In essence, the model posits that CIO hierarchical position influences CIO/CEO communication effectivity, which, in turn, influences the shared CIO/CEO understanding on the current and future role of IT in the organization. A shared CIO/CEO understanding on the current role of IT influences both CEO support for strategic IT initiatives and CIO/CEO perception of IT contribution to business performance, while a shared CIO/CEO understanding on the future role of IT influences the CEO support for strategic IT initiatives.

## 1 Introduction

Communication between the chief information officer (CIO) and chief executive officer (CEO) is critical for both parties to achieve a shared understanding of the current and future role of information technology (IT) in the organization (Feeny et al. 1992; Johnson and Lederer 2005; Reich and Benbasat 2000; Peppard 2010; Stephens and Loughman 1994). A shared CIO/CEO understanding on the role of IT in an organization is important because it facilitates CIOs obtaining their CEOs commitment for strategic IT initiatives (Enns et al. 2003; Nelson and Coopridge 1996). Also, a shared CIO/CEO understanding improves the alignment of IT and business objectives (Johnson and Lederer 2010; Preston and Karahanna 2009), which, in turn, predicts higher IT and business performance (Chan et al. 2006). Despite the importance of a shared CIO/CEO understanding for organizational IT success, the academic literature frequently reports that CIOs and CEOs often do not hold similar views on the role of IT in their organizations; hence, misunderstandings exist (Hütter and Riedl 2011; Kaarst-Brown 2005; Riedl et al. 2008).

Communication between the CIO and CEO (hereafter: CIO/CEO communication) is often described as important in the information systems (IS) literature; however, only a few studies have investigated how CIOs and CEOs can achieve effectiveness in their interactions. Those studies that focus on CIO/CEO communication almost exclusively derived their results from survey data, or are conceptual in nature (for details, see the next section). To the best of our knowledge, no study published in a peer-reviewed scientific journal has yet used a qualitative interview approach to study the nature of CIO/CEO communication, as well as corresponding antecedents and consequences. A major reason for the dearth of qualitative research, particularly interviews, could be the difficulty of getting access to, and meaningful data from, busy top managers.

However, to shape and bound the knowledge on CIO/CEO communication we integrate existing research findings into a CIO/CEO communication model, and derive corresponding propositions that can serve as a foundation for future empirical research projects. Specifically, in this paper we focus on the following three research questions:

- Does the CIO's hierarchical position influence the effectivity of communication between an organization's CIO and CEO?
- Which factors related to communication effectivity have an influence on the shared CIO/CEO understanding of the current and future role of IT in an organization?
- Does shared CIO/CEO understanding of the current and future role of IT in an organization influence CEO support for strategic IT initiatives, and the CIO/CEO perception of IT contribution to business performance?

## 2 Related work

Communication is defined as a cyclical process that involves the repeated exchange of information between individuals in order to reach a shared understanding and/or collective action (Rogers and Kincaid 1981; Van de Ven and Walker 1984). The literature on communication competence investigates how individuals can achieve both appropriateness and effectiveness in their interactions (Bostrom 1984; Duran and Spitzberg 1995; Flauto 1999; MacIntyre et al. 1999; McCroskey 1982; Rubin et al. 1993). IS researchers have applied a number of specific theories related to communication for studying effective CIO communication. In Table 1, we chronologically summarize related work in the IS discipline on CIO/CEO communication.

In the 1990s, Watson (1990) and Stephens and Loughman (1994) argued that richer communication channels provide IT executives with the capacity to communicate strategic IT planning requirements more appropriately to their CEOs, and therefore help IT executives to minimize the complexity of the planning task. Lind and Zmud (1991) found that more frequent and channel rich communication predicts convergence between technology providers and users regarding the potential of IT to innovatively support business activities.

In the 2000s, Reich and Benbasat (2000) indicated that direct and frequent communication between business executives and IT executives positively influences the level of alignment between IT and business objectives. Moreover, Rattanasampan and Chaidaroon (2003) pointed out that effective communication qualifies CIOs to establish executive working relationships and collaborations across department boundaries. These executive relationships, in turn, make it easier for CIOs to gain their CEOs commitment more easily for organization-wide IT changes, and collaborations with others pave the way for implementing those changes successfully. Johnson and Lederer's (2005)



findings indicate that more frequent CIO/CEO communication predicts convergence of opinion about the current role of IT in an organization and some aspects of the future role of IT. Further, the use of richer communication channels in the communication process between an organization's CIO and CEO facilitates the development of convergence of opinion about the future role of IT. Greater CIO/CEO opinion convergence on the current role of IT predicts greater IT financial contribution. Moreover, Preston and Karahanna (2004, 2009) and Preston et al. (2006) showed that CIOs who are competent communicators are more effective in creating a shared IT vision and knowledge around the issue of IT-business alignment within an organization's top management than CIOs who are less competent communicators.

Publication	Method	Sample	Country of investigation	Applied theory related to communication
Watson (1990)	Survey	43 IS managers	Australia	Media richness (Daft and Lengel 1986)
Lind and Zmud (1991)	Case study	2 divisions from one company	United States	Convergence (Rogers and Kincaid 1981), media richness (Daft and Lengel 1986)
Stephens and Loughman (1994)	Case study	5 CIOs from five companies	United States	No specific theory from communication research
Reich and Benbasat (2000)	Case study	10 business units from three companies	Canada	No specific theory from communication research
Rattanasampan and Chaidaroon (2003)	Conceptual	Not applicable	Not applicable	Communication competence (Duran and Spitzberg 1995)
Preston and Karahanna (2004)	Survey	382 CIOs	United States	No specific theory from communication research
Preston et al. (2006)	Survey	44 French CIOs, 163 United States CIOs	France, United States	No specific theory from communication research
Johnson and Lederer (2005)	Survey	202 CIO/CEO pairs	United States	Convergence (Rogers and Kincaid 1981), strategic grid framework (McFarlan and McKenney 1983), media richness (Daft and Lengel 1986)
Preston and Karahanna (2009)	Survey	243 matched-pair CIOs and top managers	United States	No specific theory from communication research

**Table 1: Related work in the IS discipline on CIO/CEO communication**

From a theoretical perspective, Table 1 shows that several researchers have applied theories from communication research to explain effects of CIO/CEO communication. For example, Johnson and Lederer (2005) and Lind and Zmud (1991) used Rogers and Kincaid's (1981) convergence model to argue that through cycles of information exchange, the CIO and CEO move toward a mutual understanding of each other's opinion, and thus, create consensus on the organization's role of IT. To cite another example, Johnson and Lederer (2005) used McFarlan and McKenney's (1983) strategic grid framework to separate the effects of the role of IT in an organization into two distinctive roles, the current role of IT and the future role of IT, because the current plans and

strategies for IT may be counterproductive for the future business. Another important theory is Daft and Lengel's (1986) media richness theory which was used by several researchers to explain the effects of communication channel on CIO/CEO convergence regarding IT's role for business activities. In essence, media richness theory describes a communication medium in terms of richness, whereby richness is based on the medium's ability to provide direct feedback, carry multiple cues, and support the use of natural language (Daft et al. 1987).

Another theory that has guided much of the research on an organization's top management is the upper echelons theory from Hambrick and Mason (1984). This theory emphasizes the characteristics of top managers, as well as the nature of their interactions, as important influences on strategic decisions and resulting business outcomes. Following the upper echelons theory, research suggests that the CIO should be included in the top management in order to increase the nature and level of interactions about IT issues between top managers (Armstrong and Sambamurthy 1999; Banker et al. 2011; Li and Tan 2013; Ranganathan and Jha 2008; Smaltz et al. 2006).

From a methodological perspective, five facts are important to note. First, survey, and hence quantitative research, is the dominant methodological approach. Second, qualitative research is less common. Third, qualitative research was carried out in the form of case studies, but not in the form of paired interviews with CIOs and CEOs within organizations. Fourth, qualitative research was carried out in the early period of CIO/CEO communication research (we were not able to identify qualitative research in the last 15 years). Fifth, most studies were conducted in English speaking countries. Based on this analysis, in the next section we put forward our research model, as well as corresponding propositions.

### 3 Research model and propositions

Our research model comprises the following constructs and relationships (Figure 1): (1) CIO hierarchical position affects the effectivity of CIO/CEO communication about IT topics, (2) CIO/CEO communication effectivity impacts the shared CIO/CEO understanding of both the current and the future role of IT in an organization, (3) a shared CIO/CEO understanding of the current role of IT influences both CEO support for strategic IT initiatives and CIO/CEO perception of IT contribution to business performance, and (4) a shared CIO/CEO understanding of the future role of IT influences the CEO support for strategic IT initiatives. In the following subsections, we detail the constructs and their interrelationships.

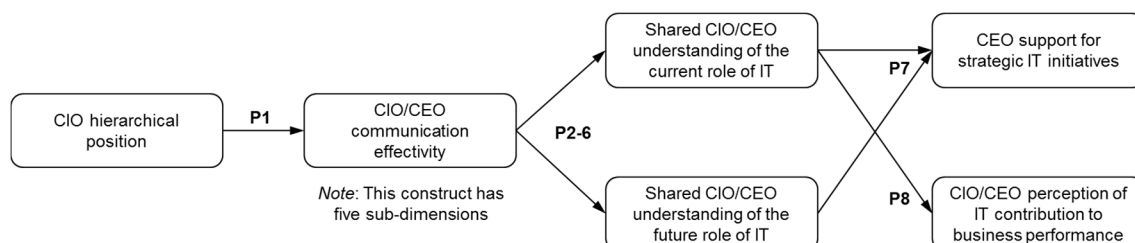


Figure 1: Research model

### 3.1 CIO hierarchical position

The CIO hierarchical position is defined as the organizational rank and status of the CIO that enables him/her to communicate with the CEO about IT issues (Karimi et al. 1996). According to upper echelons theory, a high hierarchical position provides the CIO with opportunities for official engagements with the CEO and other top managers, and increases CIO authority and power while interacting with them (Feeny et al. 1992; Hambrick and Mason 1984; Smaltz et al. 2006). Higher levels of engagements between the CIO, the CEO, and other top managers are likely to provide the CIO with a greater understanding of the organization's business practices, goals, and visions (Armstrong and Sambamurthy 1999; Earl and Feeny 1994). These engagements also offer a potential forum for the CEO and other top managers to learn about the capabilities of IT and how IT can be employed to support the business strategy and value-chain activities (Preston and Karahanna 2009; Tan and Gallupe 2006). Due to a high CIO hierarchical position within an organization, both parties are expected to move toward a more effective communication about IT themes (communication effectivity is discussed in detail in the next section).

**Proposition 1:** *The higher the hierarchical position in which a CIO operates, the more a CIO is able to communicate effectively with the organization's CEO about IT themes.*

### 3.2 CIO/CEO communication effectivity

To operationalize CIO/CEO communication effectivity, we followed suggestions described in Johnson and Lederer (2005) and Rattanasampan and Chaidaroon (2003) and conceptualize this construct with five sub-dimensions: (1) CIO/CEO personal characteristics, (2) CIO/CEO communication channel, (3) CIO/CEO communication style, (4) CIO/CEO communication content, and (5) CIO/CEO communication frequency.

**CIO/CEO personal characteristics.** The CIO/CEO personal characteristics (i.e., their technical and business knowledge, their working style, and their attitude toward IT) are critical for the success of championing IT within organizations. When CIOs understand the organization's goals, objectives, and visions, they are better able to decide how IT should support and/or enable the business (Kaarst-Brown 2005; Li and Tan 2013; Watson 1990). When CEOs understand the capabilities and contribution of IT to business, they are better able to decide how IT can be employed to support the business strategy and value-chain activities (Luftman and Kempaiah 2007; Tan and Gallupe 2006). CIOs' educational efforts in transferring IT knowledge to the CEO are important in promoting a shared CIO/CEO understanding of the role of IT in an organization (Bassellier et al. 2003; Preston and Karahanna 2004). A CEO's positive attitude toward IT and a CEO's willingness to discuss IT issues with the CIO contributes to the development of a shared IT understanding (Feeny et al. 1992; Kearns and Lederer 2003). Accordingly, we put forth the following proposition:

**Proposition 2:** *The more key personal characteristics an organization's CIO and CEO possess for communicating about IT issues with each other, the higher their degrees of shared understanding of **a**) the current role of IT and **b**) the future role of IT in that organization.*

**CIO/CEO communication channel.** Communication channel is defined as the medium that is used by an organization's CIO and CEO to communicate about IT themes. Prior research has often used Daft and Lengel's (1986) media richness theory to examine the impact of communication channels on outcome variables. This theory classifies communication media along a continuum of richness, whereby richness is based on a medium's ability to provide immediate feedback, carry multiple

cues such as facial and nonverbal expressions, convey personality traits, and support the use of natural language (Daft et al. 1987). However, Kock (2004) derived a new theory from evolutionary psychology theorizing proposing that the naturalness of a medium is more important than its richness. Specifically, in his media naturalness theory he proposes that a decrease in the degree of naturalness results in three major effects regarding a communications process: (1) increased cognitive effort, (2) increased ambiguity, and (3) decreased physiological arousal in terms of excitement (Kock 2009). However, achieving a shared CIO/CEO understanding of the role of IT in an organization is a difficult process (implying reciprocal understanding of emotions, intentions, and reasoning processes), and thus, following Kock's theory, we propose that when an organization's CIO and CEO use a more natural communication channel (ideally face-to-face), they will achieve a higher level of shared understanding about the current and future role of IT.

**Proposition 3:** *The more natural the channels used for communication about IT themes between the CIO and CEO, the higher their degree of shared understanding of (a) the current role of IT and (b) the future role of IT in that organization.*

**CIO/CEO communication style.** Communication style refers to the terms and jargon that are used by an organization's CIO and CEO to communicate about IT themes (Duran and Spitzberg 1995). CIOs can proactively create a shared understanding of the technological side with the CEO by focusing on communicating in business terms and avoiding technical jargon that others who are not familiar with IT do not understand (Preston and Karahanna 2009; Stephens and Loughman 1994). Thus, CIOs must plan the logic of their arguments in order to communicate complex technical matters appropriately, and must be capable of making tacit IT knowledge explicit (Chen & Wu 2011; Peppard 2010). Clarity of the explanations of potential benefits and uses of IT increases CEOs' technical knowledge, thereby also increasing motivation to communicate back with the CIO (Bassellier et al. 2003). CEOs who explain organizational strategies, processes, and needs in a manner that CIOs with a technical background can understand are more effective in creating a shared understanding of the business side (Kearns and Sabherwal 2006). Thus, we propose:

**Proposition 4:** *The more an organization's CIO and CEO communicate about IT and related business themes in clear terms and without jargon, the higher their degree of shared understanding of (a) the current role of IT and (b) the future role of IT in that organization.*

**CIO/CEO communication content.** Communication content comprises the IT themes which are discussed by an organization's CIO and CEO during their meetings. The type of topics discussed by an organization's CIO and CEO plays a key role in developing a shared understanding of the role of IT in the organization (Al-Taie et al. 2014; Li and Tan 2013). CIOs who communicate mainly about strategic IT themes with their business peers (e.g., when the CIO and CEO discuss IT strategy instead of how a module of the ERP system supports a specific business process) are more effective in providing them with the appropriate perspective on how to align IT with organizational structures and goals (Kettinger et al. 2011; Luftman and Kempaiah 2007). A strategic discussion of IT themes ensures that business and IT capabilities are integrated into technical solutions that support the organization effectively (Rockart et al. 1996; Ross et al. 1996). Strategic discussions allow for the transfer of business and IT knowledge between the CIO and CEO, and ensure that the CIO deploys IT resources to support critical business activities (Jones and Arnett 1994; Preston et al. 2006).

However, due to the lack of qualitative studies in the IS discipline, we know little about the effect of communication content on the CIO/CEO shared understanding about the role of IT in the organization. Yet, based on the little we know, we propose:

**Proposition 5:** *The more an organization's CIO and CEO communicate about strategic IT themes, the higher their degree of shared understanding of (a) the current role of IT and (b) the future role of IT in that organization.*

**CIO/CEO communication frequency.** Communication frequency describes how often an organization's CIO and CEO communicate about IT themes. Frequency of communication enables both executives to develop common definitions of situations, reduce barriers, and build consensus (Reich and Benbasat 2000; Van de Ven and Walker 1984). Frequent CIO/CEO communication about IT topics predicts greater convergence in their views of the role of IT in their organization and its expected contribution to the business, and evidence indicates that more frequent interaction is likely to result in a greater understanding of the future role of IT in an organization (Johnson and Lederer 2005; Lind and Zmud 1991). Regular discussions help both the CIO and CEO share information which is strategically important to the organization and thus positively influences a CEO's view of IT (Armstrong and Sambamurthy 1999; Jarvenpaa and Ives 1991).

Summarizing this stream of quantitative research, it becomes evident that the general notion is that the higher the frequency of communication between an organization's CIO and CEO, the higher the level of shared IT understanding. However, these findings may not be applicable to CIOs who have to deal with CEOs managing multiple organizational issues during their work time. In such case, would it be wise for CIOs to take as much as possible of their CEOs' time to discuss IT themes? Probably not, therefore, we argue that CIOs should focus on communicating about IT issues with their CEOs to an appropriate extent (rather than with the highest possible communication frequency). Reflecting this concept, we propose:

**Proposition 6:** *With an appropriate frequency of communication about IT themes, an organization's CIO and CEO can achieve a shared understanding of (a) the current role of IT and (b) the future role of IT in that organization.*

### 3.3 Shared CIO/CEO understanding of the role of IT

Shared understanding is defined as the degree of convergence between the views of an organization's CIO and CEO about the role of IT within the business (Johnson and Lederer 2005; Rogers and Kincaid 1981). A shared understanding exists when the CEO understands IT objectives and the CIO understands business objectives, and both executives agree on how IT should be deployed to support or enable the business strategy. McFarlan and McKenney's (1983) strategic grid framework proposes two distinct roles of IT, a current and a future role. The current role represents how the organization uses IT at the present time, while the future role embodies how the organization plans to use IT in the future. Research shows distinctions between the current and future role of IT (Raghunathan et al. 1999; Tukan and Weber 1996), because the current role of IT in an organization does not necessarily determine its future role. For example, plans and strategies for an organization's current IT function and operations may be counterproductive for the future business. However, a shared CIO/CEO understanding of the organization's role of IT is critical both at present and in the future, and it is probably the crucial factor in determining whether the CEO supports strategic IT initiatives (Enns et al. 2003; Nelson and Coopridge 1996; Peppard et al. 2011). When an organization's CEO understands the value and capabilities of IT and is aware of how IT can be used to support business objectives, then the CEO is more likely to participate in, and commit to, strategic IT initiatives.

**Proposition 7:** *The higher an organization's CIO and CEO's degree of shared understanding of (a) the current role of IT and (b) the future role of IT in an organization, the more the CEO supports strategic IT initiatives.*

A shared CIO/CEO understanding of the current role of IT determines the CIO's and CEO's perceptions of IT contribution to business performance (Johnson and Lederer 2010; Kettinger et al. 2011; Li and Ye 1999; Peppard 2010; Spitze and Lee 2012). When an organization's CIO understands actual business priorities and the CEO understands immediate IT needs, then they are better able to target IT investments on strategic objectives, and therefore have a higher aligned perception of the IT contribution.

**Proposition 8:** *The higher an organization's CIO and CEO's degree of shared understanding of the organization's current role of IT, the more aligned the CIO/CEO perception of IT contribution to business performance is.*

### 3.4 CEO support for strategic IT initiatives

CEO support for strategic IT initiatives is defined as the willingness of the CEO to participate in, and commit to, strategic IT initiatives that affect the overall business. Evidence indicates that CEO support for strategic IT initiatives is critical for fully tapping the benefits of IT projects (Kearns 2006; Štemberger et al. 2011; Watts and Henderson 2006). Without the necessary organizational resources and the support of the CEO (and other top managers), the CIO cannot achieve strategic goals and higher organizational performance (Boynton et al. 1994; Ragu-Nathan et al. 2004). CEOs' involvement in IT activities and personal associations with successful IT projects can both positively influence a firm's progressive use of IT (Jarvenpaa and Ives 1991), and strengthen a firm's competitive position with respect to IT use (Ross et al. 1996).

### 3.5 CIO/CEO perception of IT contribution to business performance

The CIO/CEO perception of IT contribution to business performance is defined as the contribution to business performance made by IT products and services implemented within the organization as perceived by both the CIO and CEO (Cohen and Dennis 2010; Premkumar and King 1992). Different CIO/CEO perceptions of this IT contribution often lead to misunderstandings regarding the expected returns on investment of IT projects, or even worse, raise IT project failure rates (Kaarst-Brown 2005; Nelson 2007). Consequently, it is the task of the CIO to improve the perceived IT contributions by developing a shared IT understanding with the CEO and other top managers, and by demonstrating the contribution made by IT products and services (Chen et al. 2010; Croteau and Bergeron 2001). To assess an organization's CIO and CEO perception of IT contribution to business performance, we use Premkumar and King's (1992) five fundamental performance measures, namely return on investment, sales revenue, market share, operating efficiency, and customer satisfaction. These five measures retain their importance in contemporary contexts (e.g., Johnson and Lederer 2010).

## 4 Concluding statement

Despite the importance of an effective CIO/CEO communication for organizational IT success, only a few studies have investigated corresponding antecedents and consequences. To close this research gap, we developed a CIO/CEO communication model and formulated eight research propositions

that can serve as a foundation for future empirical studies in the IS discipline. It will be rewarding to see what insight future research will reveal.

## 5 References

- Al-Taie M, Lane M, Cater-Steel A (2014) The relationship between organisational strategic IT vision and CIO roles: One size does not fit all. *Australasian Journal of Information Systems* 18(2):59-89
- Armstrong CP, Sambamurthy V (1999) Information technology assimilation in firms: The influence of senior leadership and IT infrastructures. *Information Systems Research* 10(4): 304-327
- Banker RD, Hu N, Pavlou PA, Luftman J (2011) CIO reporting structure, strategic positioning, and firm performance. *MIS Quarterly* 35(2):487-504
- Bassellier G, Benbasat I, Reich BH (2003) The influence of business managers' IT competence on championing IT. *Information Systems Research* 14(4):317-336
- Bostrom RN (1984) *Competence in communication: A multidisciplinary approach*. Sage Publications, Beverly Hills.
- Boynton AC, Zmud RW, Jacobs GC (1994) The influence of IT management practice on IT use in large organizations. *MIS Quarterly* 18(3):299-318
- Chan YE, Sabherwal R, Thatcher JB (2006) Antecedents and outcomes of strategic IS alignment: An empirical investigation. *IEEE Transactions on Engineering Management* 53(1):27-47
- Chen YC, Wu JH (2011) IT management capability and its impact on the performance of a CIO. *Information & Management* 48(4/5):145-156
- Chen DQ, Preston DS, Xia W (2010) Antecedents and effects of CIO supply-side and demand-side leadership: A staged maturity model. *Journal of Management Information Systems* 27(1):231-271
- Cohen JF, Dennis CM (2010) Chief information officers: An empirical study of competence, organisational positioning and implications for performance. *South African Journal of Economic and Management Sciences* 13(2):203-221
- Croteau AM, Bergeron F (2001) An information technology trilogy: business strategy, technological deployment and organizational performance. *Journal of Strategic Information Systems* 10(2):77-99
- Daft RL, Lengel RH (1986) Organizational information requirements, media richness, and structural design. *Management Science* 32(5):554-572
- Daft RL, Lengel RH, Trevino LK (1987) Message equivocality, media selection, and manager performance: Implications for information systems. *MIS Quarterly* 11(3):355-366
- Duran RL, Spitzberg BH (1995) Toward the development and validation of a measure of cognitive communication competence. *Communication Quarterly* 43(3):259-275
- Earl MJ, Feeny DF (1994) Is your CIO adding value?. *Sloan Management Review* 35(3):11-20
- Enns HG, Huff SL, Higgins CA (2003) CIO lateral influence behaviors: Gaining peers' commitment to strategic information systems. *MIS Quarterly* 27(1):155-176

- Feeny DF, Edwards BR, Simpson MK (1992) Understanding the CEO/CIO relationship. *MIS Quarterly* 16(4):435-448
- Flauto FJ (1999) Walking the talk: The relationship between leadership and communication competence. *The Journal of Leadership & Organizational Studies* 6(1/2):86-97
- Hambrick DC, Mason PA (1984) Upper echelons: The organization as a reflection of its top managers. *Academy of Management Review* 9(2):193-206
- Hütter A, Riedl R (2008) Der Chief Information Officer (CIO) in Deutschland und den USA: Verbreitung und Unterschiede. *Information Management & Consulting* 26(3):61-66.
- Jarvenpaa SL, Ives B (1991) Executive involvement and participation in the management of information technology. *MIS Quarterly* 15(2):205-227
- Johnson AM, Lederer AL (2005) The effect of communication frequency and channel richness on the convergence between chief executive and chief information officers. *Journal of Management Information Systems* 22(2):227-252
- Johnson AM, Lederer AL (2010) CEO/CIO mutual understanding, strategic alignment, and the contribution of IS to the organization. *Information & Management* 47(3):138-149
- Jones MC, Arnett KP (1994) Linkages between the CEO and the IS environment: An empirical assessment. *Information Resources Management Journal* 7(1):20-34
- Kaarst-Brown ML (2005) Understanding an organization's view of the CIO: The role of assumptions about IT. *MIS Quarterly Executive* 4(2):287-301
- Karimi J, Gupta YP, Somers TM (1996) The congruence between a firm's competitive strategy and information technology leader's rank and role. *Journal of Management Information Systems* 13(1):63-88
- Kearns GS (2006) The effect of top management support of SISP on strategic IS management: insights from the US electric power industry. *Omega* 34(3):236-253
- Kearns GS, Lederer AL (2003) A resource-based view of strategic IT Alignment: How knowledge sharing creates competitive advantage. *Decision Sciences* 34(1):1-29
- Kearns GS, Sabherwal R (2006) Strategic alignment between business and information technology: A knowledge-based view of behaviors, outcome, and consequences. *Journal of Management Information Systems* 23(3):129-162
- Kettinger WJ, Zhang C, Marchand DA (2011) CIO and business executive leadership approaches to establishing company-wide information orientation. *MIS Quarterly Executive* 10(4):157-174
- Kock N (2004) The psychobiological model: Towards a new theory of computer-mediated communication based on Darwinian evolution. *Organization Science* 15(3):327-348
- Kock N (2009) Information systems theorizing based on evolutionary psychology: An interdisciplinary review and theory integration framework. *MIS Quarterly* 33(2):395-418
- Li Y, Tan CH (2013) Matching business strategy and CIO characteristics: The impact on organizational performance. *Journal of Business Research* 66(2):248-259
- Li M, Ye RL (1999) Information technology and firm performance: Linking with environmental, strategic and managerial contexts? *Information & Management* 35(1):43-51



- Lind MR, Zmud RW (1991) The influence of a convergence in understanding between technology providers and users on technology innovativeness. *Organization Science* 2(2):195-217
- Luftman J, Kempaiah R (2007) An update on business-IT alignment: 'A line' has been drawn. *MIS Quarterly Executive* 6(3):165-177
- MacIntyre PD, Babin PA, Clement R (1999) Willingness to communicate: Antecedents & consequences. *Communication Quarterly* 47(2):215-229
- McCroskey JC (1982) Communication competence and performance: A pedagogical perspective. *Communication Education* 31(1):1-7
- McFarlan FW, McKenney JL (1983) *Corporate information systems management*. Richard D. Irwin, Homewood
- Nelson RR (2007) IT project management: Infamous failures, classic mistakes and best practices. *MIS Quarterly Executive* 6(2):67-78
- Nelson KM, Coopride JG (1996) The contribution of shared knowledge to IS group performance. *MIS Quarterly* 20(4):409-432
- Peppard J (2010) *Unlocking the Performance of the Chief Information Officer (CIO)*. California Management Review 52(4):73-99
- Peppard J, Edwards C, Lambert R (2011) Clarifying the ambiguous role of the CIO. *MIS Quarterly Executive* 10(1):31-44
- Premkumar G, King WR (1992) An empirical assessment of information systems planning and the role of information systems in organizations. *Journal of Management Information Systems* 9(2):99-125
- Preston DS, Karahanna E (2004) Mechanisms for the development of shared mental models between the CIO and the top management team. In: *Proceedings of the 25th International Conference on Information Systems*, Paper 37
- Preston DS, Karahanna E (2009) How to develop a shared vision: The key to IS strategic alignment. *MIS Quarterly Executive* 8(1):1-8
- Preston DS, Karahanna E, Rowe F (2006) Development of shared understanding between the chief information officer and top management team in U.S. and French organizations: A cross-cultural comparison. *IEEE Transactions on Engineering Management* 53(2):191-206
- Raghunathan B, Raghunathan TS, Tu Q (1999) Dimensionality of the strategic grid framework: The construct and its measurement. *Information Systems Research* 10(4):343-355
- Ragu-Nathan BS, Apigian CH, Ragu-Nathan TS, Tu Q (2004) A path analytic study of the effect of top management support for information systems performance. *Omega* 32(6):459-471
- Ranganathan C, Jha S (2008) Do CIOs matter? Assessing the value of CIO presence in top management teams. In: *Proceedings of the 29th International Conference on Information Systems*, Paper 56
- Rattanasampan W, Chaidaroon S (2003) The applications of communication competence framework for CIOs. In: *Proceedings of the 9th Americas Conference on Information Systems*, Paper 160

- Riedl R, Kobler M, Roithmayr F (2008) Zur personellen Verankerung der IT-Funktion im Vorstand börsennotierter Unternehmen: Ergebnisse einer inhaltsanalytischen Betrachtung. *Wirtschaftsinformatik* 50(2):111-128.
- Reich BH, Benbasat I (2000) Factors that influence the social dimension of alignment between business and information technology objectives. *MIS Quarterly* 24(1):81-113
- Rockart JF, Earl MJ, Ross JW (1996) Eight imperatives for the new IT organization. *Sloan Management Review* 38(1):43-55
- Rogers EM, Kincaid DL (1981) *Communication networks: Toward a new paradigm for research*. Free Press, New York
- Ross JW, Beath CM, Goodhue DL (1996) Develop long-term competitiveness through IT assets. *Sloan Management Review* 38(1):31-42
- Rubin RB, Martin MM, Bruning SS, Powers DE (1993) Test of self-efficacy model of interpersonal communication competence. *Communication Quarterly* 47(2):210-220
- Smaltz DH, Sambamurthy V, Agarwal R (2006) The antecedents of CIO role effectiveness in organizations: An empirical study in the healthcare sector. *IEEE Transactions on Engineering Management* 53(2):207-222
- Spitze JM, Lee JJ (2012) The renaissance CIO project: The invisible factors of extraordinary success. *California Management Review* 54(2):72-91
- Stephens C, Loughman T (1994) The CIO's chief concern: Communication. *Information & Management* 27(2):129-137
- Štemberger MI, Manfreda A, Kovačič A (2011) Achieving top management support with business knowledge and role of IT/IS personnel. *International Journal of Information Management* 31(5):428-436
- Tan FB, Gallupe RB (2006) Aligning business and information systems thinking: A cognitive approach. *IEEE Transactions on Engineering Management* 53(2):223-237
- Van de Ven AH, Walker G (1984) The dynamics of interorganizational coordination. *Administrative Science Quarterly* 29(4):598-621
- Watson RT (1990) Influences on the IS manager's perceptions of key issues: Information scanning and the relationship with the CEO. *MIS Quarterly* 14(2):217-231
- Watts S, Henderson JC (2006) Innovative IT climates: CIO perspectives. *Journal of Strategic Information Systems* 15(2):125-151

# **E-Mails und kein Ende – Eine Forschungsagenda für mehr Effizienz**

**David Jauernig<sup>1</sup>, Sebastian Köffer<sup>1</sup> und Jörg Becker<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Westfälische Wilhelms-Universität Münster, European Research Center for Information Systems, david.jauernig@uni-muenster.de, {sebastian.koeffer, joerg.becker}@ercis.uni-muenster.de

## **Abstract**

E-Mail bleibt das am meisten genutzte Medium für geschäftliche Kommunikation. Die negativen Aspekte von E-Mails werden seit vielen Jahren in Wissenschaft und Praxis thematisiert. Dass die negativen Konsequenzen von E-Mail Overload nach wie vor ein relevantes Thema sind, zeigen aktuelle Entwicklungen in Unternehmen. In diesem Artikel argumentieren wir, dass sich auch die Wirtschaftsinformatik-Forschung dem Thema E-Mail Overload wieder verstärkt annehmen sollte. Dabei sollte es primär nicht darum gehen, die E-Mail durch verbesserte alternative Konzepte abzulösen, sondern bestehende Arbeitsprozesse um E-Mail-Kommunikation effizienter zu machen. Zu diesem Zweck wird die bestehende Literatur zu E-Mail Overload und verwandte Arbeiten strukturiert innerhalb eines Frameworks analysiert. Anschließend wird eine Forschungsagenda mit sechs Forschungsfragen erstellt, welche die Betrachtung gegensätzlicher Forschungsergebnisse, die Evaluierung von Gegenmaßnahmen und die stärkere technische Unterstützung durch Software adressieren.

## **1 E-Mail: Fluch und Segen**

Trotz des Aufkommens neuer Kollaborationstechnologien wie sozialen Netzwerken und Cloud-Kollaboration bleibt E-Mail das am meisten genutzte Medium für geschäftliche Kommunikation. Ein durchschnittlicher Wissensarbeiter empfängt 85 und sendet 36 E-Mails pro Tag (The Radicati Group 2014). Das Aufkommen mobiler Technologien im Privatleben und am Arbeitsplatz hat den E-Mail-Gebrauch gefördert (Köffer et al. 2015). War es früher noch schwierig auf mobilen Geräten E-Mails zu schreiben, ist dies inzwischen einfach geworden. Nach Schätzungen nutzen circa 1,4 Milliarden Nutzer E-Mail auf ihrem mobilen Gerät – Tendenz steigend. Bis Ende 2019 werden es 2,5 Milliarden sein (The Radicati Group 2015).

Die negativen Aspekte von E-Mails werden seit vielen Jahren in Wissenschaft und Praxis thematisiert. Studien zeigen, dass Mitarbeiter, die bei der Bearbeitung einer Aufgabe durch eingehende E-Mails unterbrochen werden, etwa 64 Sekunden brauchen, um die Aufgabe wieder mit gleicher Konzentration fortzuführen (Jackson et al. 2001). Mark et al. (2005) beziffern diese Aufgabenwechselkosten sogar auf 25 Minuten. Zudem ächzen viele Nutzer über das hohe E-Mail

Volumen, welches nicht mehr effizient bearbeitet werden kann (Dabbish and Kraut 2006). Weitere Studien wiesen nach, dass E-Mail Overload zu einer reduzierten Kreativität und einer verringerten Lebensqualität führen (Zeldes et al. 2007), sowie emotionale Erschöpfung (Brown et al. 2014) und Burnout zur Folge haben kann (Reinke and Chamorro-Premuzic 2014).

Dass die negativen Konsequenzen von E-Mail Overload nach wie vor ein relevantes Thema sind, zeigen aktuelle Entwicklungen in Unternehmen. Aus Sorge um Überlastung ihrer Mitarbeiter haben Daimler und Volkswagen restriktive technische Maßnahmen implementiert, um E-Mail Overload einzudämmen. Volkswagen unterbindet 30 Minuten vor Arbeitsbeginn und nach Arbeitsende pauschal für alle Nicht-Führungskräfte das Zustellen der E-Mails. Bei Daimler gibt es die Möglichkeit, im Urlaub eingehende E-Mails gleich zu löschen. Der Hardwarehersteller Intel führte den E-Mail freien Freitag ein und IT-Dienstleister Atos strebt an, komplett auf interne Kommunikation über E-Mail zu verzichten (Atos 2011). Auch die großen Hersteller für E-Mail-Software nehmen sich der Problematik mit neuem Ehrgeiz an. Neue Lösungen wie IBM Verse, Google Inbox und Microsoft Clutter versprechen, dass die Verwaltung von E-Mails einfacher und schneller möglich wird (Frank 2014; Rosoff 2015; SMB Group 2015).

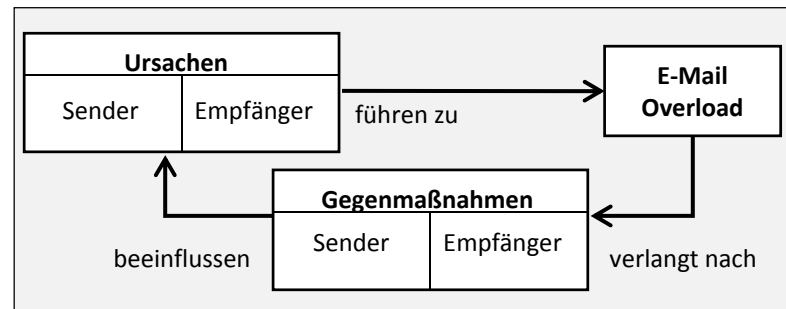
In diesem Artikel argumentieren wir, dass sich auch die Wirtschaftsinformatik-Forschung – analog zur Praxis – dem Thema E-Mail Overload wieder verstärkt annehmen sollte und zeigen dazu neue Forschungsperspektiven auf. Dabei geht es uns nicht darum die E-Mail durch verbesserte alternative Konzepte abzulösen, sondern bestehende Arbeitsprozesse um E-Mail-Kommunikation effizienter zu machen. Zu diesem Zweck wird die bestehende Literatur zu E-Mail Overload und verwandte Arbeiten strukturiert innerhalb eines Frameworks analysiert. Aus den Ergebnissen und deren Einordnung in das Framework, leiten wir neue Forschungsbedarfe ab.

Der weitere Aufbau der Arbeit gliedert sich wie folgt: Zuerst wird in Kapitel 2 ein Framework zur Analyse der Literatur zu E-Mail Overload aus verwandten Arbeiten und Literaturzusammenfassungen abgeleitet. Nach Erklärung der Methodik in Kapitel 3 präsentiert Kapitel 4 die Ergebnisse des strukturierten Literaturüberblicks. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse diskutiert und die Forschungsagenda abgeleitet.

## **2 Ein Framework zur Analyse der Literatur zu E-Mail Overload**

Das Framework zur Analyse der Literatur zu E-Mail Overload ist abgeleitet vom Framework für Information Overload von Eppler und Mengis (2004), welches die Ursachen, Symptome und Gegenmaßnahmen beinhaltet. Diese Arbeit transferiert das Framework auf das Symptom E-Mail-Overload und untersucht Ursachen und Gegenmaßnahmen parallel. Frühere Arbeiten die exklusiv Ursachen (McMurtry 2014) oder Auswirkungen (Taylor et al. 2008) betrachten, werden integriert.

Zusätzlich wird, im Gegensatz zu den genannten Vorarbeiten, bei den Ursachen und Auswirkungen von E-Mail Overload zwischen der Sender und Empfängerperspektive unterschieden. Schon Palme (1984) berichtete, dass der Sender einer E-Mail zu viel und im Gegensatz dazu der Empfänger zu wenig Kontrolle über den Kommunikationsprozess hat, was zu einem hohen E-Mail Volumen und damit zu Overload führt. Hemp (2009) sprach sich dafür aus, dass Firmen einen Zustand anstreben sollten, in dem die Vorteile für den Sender einer E-Mail die Kosten des Empfängers aufwiegen. Um ein mögliches Ungleichgewicht in der Forschung zu Sender und Empfänger identifizieren zu können, muss die Unterscheidung der Perspektiven demnach berücksichtigt werden.



**Bild 1: Erweitertes Framework zur Strukturierung der Forschung zu E-Mail Overload**

### 3 Methode zur strukturierten Literaturanalyse

Zur Identifizierung der relevanten Literatur wurde ein Suchstring erstellt, welcher als Gegenstand die Untersuchung von Ursachen oder Gegenmaßnahmen in Bezug auf E-Mail Overload hat. Der Suchstring setzt sich dazu aus zwei Bereichen zusammen, zum einen den Synonymen für E-Mail (email, e-mail, electronic mail, electronic-mail), zum anderen den Synonymen für Overload (overload, stress, strain). Diese werden zu folgendem Suchstring verknüpft:

```
(email OR "e-mail" OR "electronic mail" OR "electronic-mail")
AND (overload OR stress OR strain)
```

Für die Suche wurden die Datenbanken *Web of Science* und *EBSCO* verwendet. Die Suche im *Web of Science* wurde mit der Suchkonfiguration „Topic“, dem Filter für die Dokumenttypen auf „article, meeting, editorial, review, other, unspecified“ durchgeführt. Die Suche in der Datenbank *EBSCO* wird mit der Suchkonfiguration „Title, Abstract, Subject Terms“ und dem Filter auf „wissenschaftliche Zeitschriften“ durchgeführt. Die Suchergebnisse wurden von doppelten Einträgen bereinigt und anschließend auf Basis des Abstracts auf Relevanz untersucht. Viele Artikel in der Ergebnismasse konnten schnell als irrelevant aussortiert werden, weil zum Beispiel das Wort E-Mail im Paper als Kontaktinformation oder Teil der Forschungsmethodik verwendet wurde, anstatt als Gegenstand der Analyse. Hiernach verblieben 74 Publikationen. Um den aktuellen Entwicklungen im Bereich konsumentenorientierte und mobile Technologien Rechnung zu tragen, wurden zudem nur Publikationen seit 2005 berücksichtigt. Nach dem Herausfiltern aller irrelevanten Artikel blieben 37 für die detaillierte Analyse übrig.

### 4 Ergebnisse der Literaturanalyse

Die Präsentation der Ergebnisse erfolgt anhand der Bestandteile des in Kapitel 2 abgeleiteten Frameworks. Insgesamt 18 Artikel behandeln Ursachen von E-Mail Overload und 24 Artikel befassen sich mit potenziellen Gegenmaßnahmen.

#### 4.1 Ursachen auf Senderseite

Am häufigsten wird das hohe E-Mail Volumen als Ursache für E-Mail Overload betrachtet. Dies entsteht unter anderem durch das Fehlen einer organisatorischen Definition darüber, wann E-Mail das geeignete Kommunikationswerkzeug ist (Sumecki et al. 2011) oder einfach in dem die CC-Funktion zu oft genutzt wird (Janssen and de Poot 2006; Rutkowski and van Genuchten 2008). Des Weiteren begünstigt das Schreiben von E-Mails in schlechter Qualität E-Mail-Overload, z.B. dadurch dass die enthaltenen Informationen emotionaler Natur sind und Anschuldigungen sowie

nicht-sachliche Bemerkungen geäußert werden oder Zweideutigkeit vorliegt. Außerdem wird E-Mail verwendet, obwohl ein anderes Medium besser geeignet wäre (Thomas et al. 2006; Rutkowski and van Genuchten 2008; Vacek 2014). So existiert bei der Verwaltung von komplexen Aufgaben oft eine gegenseitige Abhängigkeit zwischen Personen, sodass andere Anwendungen zum Aufgabenmanagement besser geeignet wären (Bellotti et al. 2005).

Ursachen auf Senderseite	Autoren
Hohes E-Mail Volumen (z.B. übertriebene Nutzung der CC-Funktion, Senden nicht-geschäftsrelevanter E-Mails)	Dabbish and Kraut 2006; Janssen and de Poot 2006; Camargo 2008; Kanungo and Jain 2008; Rutkowski and van Genuchten 2008; Mano and Mesch 2010; Sumecki et al. 2011; Hill et al. 2013; Jerejian et al. 2013; Brown et al. 2014
Schreiben von E-Mails mit geringer Qualität, z.B. schlechte Struktur, hohe Emotionalität oder Zweideutigkeit	Janssen and de Poot 2006; Thomas et al. 2006; Camargo 2008; Soucek and Moser 2010; Ramsay and Renaud 2012; Brown et al. 2014
Nutzung von E-Mail statt eines besser geeigneten Mediums (z.B. zur Verwaltung von Aufgaben)	Bellotti et al. 2005; Thomas et al. 2006; Rutkowski and van Genuchten 2008; Vacek 2014

**Tabelle 1: Übersicht der Ursachen für E-Mail Overload auf der Senderseite**

#### 4.2 Ursachen auf Empfängerseite

Besonders oft wurden persönliche Eigenschaften des E-Mail Nutzers als Ursache oder Verstärker von E-Mail Overload angeführt. Reinke and Chamorro-Premuzic (2014) berichten, dass eine geringe Selbstwirksamkeit einen Prädiktor sowohl für E-Mail Overload als auch Burnout darstellt. Hair et al. (2007) ermitteln, dass eine niedrige gefühlte Kontrolle über die Arbeit das Stressempfinden durch E-Mails erhöht. Ein weiterer Persönlichkeitsfaktor der zu E-Mail Overload beisteuert ist die individuelle Tendenz zur Prokrastination. Makarov (2011) zeigt in seiner Simulation, dass Personen mit einer Tendenz zur Prokrastination beim Empfangen von wichtigen als auch unwichtigen E-Mails anfälliger für E-Mail Overload sind und einen verstärkten Produktivitätsverlust aufweisen. Des Weiteren führt die Neigung sich allgemein Sorgen zu machen (Jerejian et al. 2013), oder im speziellen eine wichtige E-Mail verpassen zu können (Camargo 2008) zu E-Mail Overload.

Studien zeigen zudem, dass häufiges bzw. durchgängiges Prüfen von E-Mails oder das parallele Prüfen von E-Mails während Meetings zu einem erhöhten Empfinden von E-Mail Overload führt. Auch die ineffiziente Bearbeitung durch ein langes Aufbewahren und Ansammeln von E-Mails im Posteingang (Dabbish and Kraut 2006) oder das wiederholte Öffnen derselben E-Mail tragen dazu bei (Atwood and Uttley 2011). Allgemein wird der E-Mail Overload stärker empfunden, je mehr Zeit für die Bearbeitung von E-Mails aufgebracht wird. Ein guter individueller Umgang wird ferner durch fehlende technische Unterstützung erschwert, wie fehlenden Möglichkeiten bei der Einsortierung und dem Wiederfinden von E-Mails. Des Weiteren wird der empfundene Druck, sofort antworten zu müssen als verstärkender Faktor betrachtet.

Ursachen auf Empfängerseite	Autoren
Persönliche Eigenschaften des E-Mail-Nutzers (geringe Selbstwirksamkeit, Tendenz zur Prokrastination, Neigung sich Sorgen zu machen, geringe gefühlte Kontrolle über eigene Arbeit)	Hair et al. 2007; Camargo 2008; Kanungo and Jain 2008; Makarov 2011; Jerejian et al. 2013; Reinke and Chamorro-Premuzic 2014
Häufigkeit des Prüfens und Bearbeitens von E-Mails, parallel zu anderen Aufgaben	Soucek and Moser 2010; Atwood and Uttley 2011; Gupta et al. 2011; Hill et al. 2013; Kushlev and Dunn 2015
Ineffiziente und lange Bearbeitung von E-Mails (z.B. langes Aufbewahren im Posteingang, wiederholtes Öffnen der gleichen E-Mail.	Dabbish and Kraut 2006; Atwood and Uttley 2011; Barley et al. 2011
Funktionen im E-Mail Client zur Unterstützung des Wiederfindens von Informationen	Dredze et al. 2008; Szóstek 2011; Vacek 2014
Empfundener Druck, schnell antworten zu müssen	Thomas et al. 2006; Brown 2007; Barley et al. 2011

**Tabelle 2: Übersicht der Ursachen für E-Mail Overload auf der Empfängerseite**

#### 4.3 Gegenmaßnahmen auf Senderseite

Um das Volumen zu verringern regen Autoren an, die CC-Funktion seltener zu nutzen (Brown 2007; Ramsay and Renaud 2012) oder sogar per technischer Maßnahme in der E-Mail Software einzuschränken (Rutkowski and van Genuchten 2008). Des Weiteren soll weniger Gebrauch von der „Reply-All“-Funktion gemacht werden (Marksteiner 2011). Richtlinien können festlegen, in welchem Zeitraum E-Mails verschickt werden und wann welches Medium genutzt werden soll. Rutkowski and van Genuchten (2008) schlagen vor, dass besonders bei emotionalen Inhalten auf das Telefon zurückgegriffen werden sollte. Demgegenüber empfiehlt Camargo (2008), dass weiterhin E-Mails mit Inhalten wie amüsanten Videos oder Präsentationen versendet werden sollen und spricht sich für einen Verzicht von Richtlinien zum Verfassen von E-Mails aus.

Gegenmaßnahmen auf Senderseite	Autoren
Reduzierung der Nutzung oder Deaktivierung der CC- und „Reply-All“-Funktion	Brown 2007; Rutkowski and van Genuchten 2008; Marksteiner 2011; Ramsay and Renaud 2012
Verbesserte Formulierung und Qualität von E-Mails (effektive Betreffzeilen, Mehrdeutigkeiten)	Jackson et al. 2006; Soucek and Moser 2010; Marksteiner 2011; Ramsay and Renaud 2012
Einführung von Richtlinien (Mediennutzung, Zeitraum zum Senden, Definition geschäftl. E-Mail)	Evans and Wright 2008; Rutkowski and van Genuchten 2008; Hemp 2009; Sumecki et al. 2011
Verzicht auf Richtlinien zum Schreiben von E-Mails und Erlauben von E-Mails mit amüsanten Inhalten	Camargo 2008
Vorpriorisierung mit virtueller Währung	Reeves et al. 2008
Erreichbarkeit des Senders darstellen	Vacek 2014

**Tabelle 3: Übersicht der Maßnahmen gegen E-Mail Overload auf der Senderseite**

Zur Steigerung der Qualität von E-Mails wird die Verwendung von effektiven Betreffzeilen (Jackson et al. 2006; Soucek and Moser 2010; Marksteiner 2011), die Beschreibung von Anhängen im Text der E-Mail (Marksteiner 2011) und die eindeutige Formulierung der Absicht, die mit der

E-Mail verfolgt wird (Jackson et al. 2006; Marksteiner 2011; Ramsay and Renaud 2012) vorschlagen. Reeves et al. (2008) plädieren dafür, dass jeder Mitarbeiter ein festes virtuelles Guthaben erhält und für jede zu sendende E-Mail zahlen muss, wobei durch einen höheren Betrag auch eine Priorisierung vorgenommen werden kann. Als weitere technische Maßnahme soll im E-Mail Client beim Schreiben direkt dargestellt werden, ob der Empfänger über ein anderes Medium als E-Mail direkt erreichbar ist. Durch diese Verwendung alternativer Kommunikationskanäle werden dann weniger E-Mails verschickt (Vacek 2014).

#### **4.4 Gegenmaßnahmen auf Empfängerseite**

Als häufigste Gegenmaßnahme auf Empfängerseite wird genannt, dass nicht kontinuierlich sondern nur eine bestimmte Anzahl an Prüfungen auf neue E-Mails pro Tag erfolgen soll. Kushlev and Dunn (2015) berichten, dass das dreimalige tägliche Prüfen von E-Mails im Vergleich zu einem kontinuierlichen Prüfen zu signifikant weniger Stress führt. Gupta et al. (2011) kommen in ihrer Simulationsstudie mit einem Prüfen von zwei bis viermal am Tag auf ein ähnliches Ergebnis. Um nicht kontinuierlich zu prüfen, sollen auch E-Mail Popup-Benachrichtigungen ausgeschaltet werden (Soucek and Moser 2010) sowie das parallele Prüfen von E-Mails während einer Besprechung unterlassen werden (Atwood and Uttley 2011). Dabbish and Kraut (2006) hingegen berichten, dass ein kontinuierliches Prüfen weniger Stress als ein Prüfen zu bestimmten Zeitpunkten erzeugt. Die Autoren vermuten, dass dies mit der Anzahl an ungelesenen E-Mails beim Bearbeiten von E-Mails zusammenhängt, die größer wird, sobald nicht mehr kontinuierlich geprüft und gelesen wird.

Eine effizientere Abarbeitung soll durch eine Priorisierung gewährleistet werden, indem die E-Mails so sortiert werden, um jeweils nur die aktuellste E-Mail einer Konversation zu lesen (Atwood and Uttley 2011), sowie jene E-Mails höher zu priorisieren, die direkt und nicht in CC empfangen wurden (Janssen and de Poot 2006; Hemp 2009; Soucek and Moser 2010). Des Weiteren soll automatisch klassifiziert werden, ob eine E-Mail wichtig ist und einer Antwort bedarf. Dredze et al. (2008) entwickeln ein System zur automatischen Erkennung, ob eine E-Mail einer Antwort bedarf, welches aber häufig zu falschen Klassifikationen führte. Atwood and Uttley (2011) empfehlen zur Zeiteinsparung jede E-Mail maximal zweimal zu öffnen, indem beim ersten Öffnen direkt entschieden wird, ob die E-Mail gelöscht werden kann, ob sie archiviert werden soll oder ob sie für weitere Bearbeitung markiert werden muss.

Weitere Maßnahmen stellen das automatische Erkennen von Inhalten wie Terminanfragen, Anhängen und Aufgaben dar (Vacek 2014), wobei für die identifizierten Aufgaben Unterstützung bei der Bearbeitung dieser gegeben werden soll (Bellotti et al. 2005; Faulring et al. 2009). Mit einer automatischen Identifizierung mehrerer behandelter Themen innerhalb einer einzelnen E-Mail und der Vergabe von Labels in der E-Mail soll diese übersichtlicher werden (Schuff et al. 2007). Auch das automatische Erstellen von Ordner und Einsortieren von E-Mails soll die Suche nach Informationen erleichtern und den E-Mail Overload damit reduzieren (Schuff et al. 2006; Xiang 2009; Tam et al. 2012). Als weitere Maßnahme wird die Anzeige der gesamten Konversation in einer E-Mail vorgeschlagen (Szóstek 2011).



Gegenmaßnahmen auf Empfängerseite	Autoren
Keine kontinuierliche Prüfung auf neue E-Mails, sondern nur innerhalb bestimmter Zeiträume, sowie Ausschalten von Pop-Benachrichtigungen	Brown 2007; Hemp 2009; Soucek and Moser 2010; Atwood and Uttley 2011; Gupta et al. 2011; Hill et al. 2013; Kushlev and Dunn 2015
Kontinuierliche Prüfung und sofortiges Reagieren auf neue E-Mails	Dabbish and Kraut 2006
Priorisierung von E-Mails, um diese effizienter abzuarbeiten, z.B. anhand der Priorität, ob Empfänger nur im CC oder ob Antwort erforderlich	Janssen and de Poot 2006; Dredze et al. 2008; Hemp 2009; Soucek and Moser 2010; Atwood and Uttley 2011; Vacek 2014
Automatische Identifizierung von Inhalten wie Anhängen, Terminanfragen und Aufgaben, sowie Unterstützung bei der Ausführung	Bellotti et al. 2005; Schuff et al. 2007; Faulring et al. 2009; Vacek 2014
Automatisches Einsortieren von E-Mails in Ordner	Schuff et al. 2006; Xiang 2009; Tam et al. 2012
Festlegung von Trainings zur Handhabung von E-Mails und Festlegung von Bearbeitungsnormen	Soucek and Moser 2010; Atwood and Uttley 2011
Anzeige der kompletten Konversation	Szóstek 2011

**Tabelle 4: Übersicht der Maßnahmen gegen E-Mail Overload auf der Empfängerseite**

## 5 Eine Forschungsagenda für mehr Effizienz

Die Ergebnisse der Literaturanalyse zum Thema E-Mail Overload zeigen, dass für alle Ursachen verschiedene Gegenmaßnahmen identifiziert werden können, die auf eine Abschwächung der Ursachen und damit eine Abschwächung von E-Mail Overload abzielen. Allerdings muss auch festgehalten werden, dass sich Widersprüche und Lücken identifizieren lassen, die in der zukünftigen Forschung betrachtet werden müssen. Aus den Ergebnissen leiten wir im Folgenden drei zentrale Forschungsthemen ab, denen sich zukünftige Arbeiten widmen sollten. Innerhalb der Themen werden konkrete Forschungsfragen formuliert.

### 5.1 Betrachtung gegensätzlicher Ergebnisse in der Forschung

Obwohl es eine große Übereinstimmung darüber gibt, welche Maßnahmen gegen E-Mail Overload eingesetzt werden sollten, gibt es eine Reihe von gegensätzlichen Forschungsempfehlungen. Während sich einige Studien dafür aussprechen, den E-Mail-Verkehr auf geschäftlich relevante Inhalte zu reduzieren, fordert Camargo (2008) in ihrer Studie zu E-Mail und Burnout dazu auf, dass es wichtig sei, auch Inhalte wie amüsierende Videos oder Präsentationen zu verschicken. Seit einigen Jahren steigt die Bedeutung von Informationssystemen in Unternehmen zu hedonistischen Zwecken kontinuierlich (van der Heijden 2004). Die Frage, inwiefern dies für E-Mail-Inhalte zweckmäßig ist, bleibt zu klären.

*RQ.1: Welchen Einfluss haben hedonistische Inhalte in E-Mails, die im betrieblichen Umfeld verwendet werden, auf die Effizienz der E-Mail Kommunikation?*

Bei der wichtigen Frage, wann und wie oft E-Mails abgerufen werden sollen, zeigt sich die Forschung ebenfalls uneins (vgl. Abschnitt 4.4). Es ist wahrscheinlich, dass die positiven oder negativen Effekte auf E-Mail Overload nicht nur von der Anzahl des Prüfens sondern von weiteren Faktoren abhängen können, z.B. ob die Unterbrechungen selbst initiiert werden (Adler and

Benbunan-Fich 2013) oder um welche Art von Unterbrechung es sich handelt (Addas and Pinsonneault 2015). Vor diesem Hintergrund sind weitere Untersuchungen mit Rückgriff auf aktuelle Theorien zu technologischen Unterbrechungen zu empfehlen.

*RQ.2: Welche individuellen und organisatorischen Faktoren beeinflussen, ob eine Unterbrechung durch E-Mail als Stress empfunden wird?*

## 5.2 Empirische Evaluierung von Gegenmaßnahmen

Die Analyse der Literatur zeigte, dass viele Autoren zwar Gegenmaßnahmen postulieren, jedoch oft keine oder nur eine unzureichende empirische Evaluation durchgeführt wird. Die Evaluationen werden dadurch erschwert, dass es an repräsentativen Datensätzen mangelt, die den E-Mail Posteingang im Unternehmen simulieren können. Als Alternative können realitätsnahe E-Mails genutzt werden (Tam et al. 2012). Trotz der vereinzelt vorhandenen Ansätze ergibt sich die klare Notwendigkeit der empirischen Validierung der in Kapitel 4 identifizierten Gegenmaßnahmen. Interessant wäre zudem die Evaluierung von in der Praxis bereits etablierten Gegenmaßnahmen (VW, Daimler, Intel, Atos und Co.) oder neu-etablierten Software-Lösungen.

*RQ.3: Welche der identifizierten Gegenmaßnahmen können für welche Aufgaben und Mitarbeiter den E-Mail Overload tatsächlich reduzieren?*

Bei der Evaluierung von Schulungsinhalten, die die Fähigkeiten der Mitarbeiter im Umgang mit E-Mail verbessern sollten sticht die Arbeit von Soucek and Moser (2010) hervor, die ihr Training im Rahmen einer zweistufigen Studie überprüfen. Abgesehen von dieser Studie fehlt es jedoch an weiteren Studien, die Trainingskonzepte entwickeln und diese im Praxiseinsatz (möglichst) langfristig untersuchen. Köffer (2015) zeigt das im Bereich Kollaboration am digitalen Arbeitsplatz nach wie vor hohe Trainingsbedarfe bestehen, von denen ein wichtiger Teil E-Mail-Kommunikation zuzuordnen ist. Der Nutzen etwaiger Trainingsmaßnahmen ist allerdings nach wie vor unklar. Es ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

*RQ.4: Welche Schulungskonzepte und -inhalte können helfen, E-Mail Overload im professionellen Umfeld zu reduzieren*

## 5.3 Entwicklung von technischer Unterstützung

Einige der in diesem Artikel identifizierten Gegenmaßnahmen werden technisch durch E-Mail-Software unterstützt. Zukünftige Forschung könnte sich den Maßnahmen annehmen, für die noch keine technologische Umsetzung existiert. Beispielsweise wird vorgeschlagen das E-Mail Volumen dadurch zu reduzieren, indem auf Senderseite die CC-Funktion weniger genutzt werden soll. Den meisten E-Mail-Programmen fehlt es an technischen Funktionen, entsprechende Maßnahmen auch technisch einzuschränken. So wäre es beispielsweise möglich, dass in der E-Mail Software individuell festgelegt werden kann, wann E-Mails zugestellt werden sollen. Dies ist nur ein Beispiel für vielfältige Forschungsfragen bezüglich des Designs von E-Mail Software.

*RQ.5: Welche technischen Implementierungen der vorgeschlagenen Gegenmaßnahmen können in individuell konfigurierbarer E-Mail Software den E-Mail Overload verringern?*

Des Weiteren wurde dafür plädiert, dass Richtlinien erstellt werden sollen, die das korrekte und angemessene Schreiben von E-Mails beschreiben, in welcher Situation welches Medium gewählt werden soll oder vorgeben, in welchem Zeitraum E-Mails verschickt werden. Die genaue Effektivität solcher Richtlinien ist allerdings nicht bisher nicht ermittelt. Aufgabe der Forschung

könnte es daher sein festzustellen, inwiefern Richtlinien auf dem Papier tatsächlich ausreichen oder doch als technische Restriktion implementiert werden sollten.

*RQ.6: Welche Normen zur E-Mail-Kommunikation sollten neben der Formulierung innerhalb von Regelwerken auch technisch im Informationssystem verankert werden?*

## 6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die seit 2005 veröffentlichte Literatur zu E-Mail Overload in Bezug auf Ursachen und Gegenmaßnahmen betrachtet. Im Gegensatz zu vorherigen Literaturzusammenfassungen wurde eine Einteilung nach Sendern und Empfänger vorgenommen, die eine genauere Analyse der Ursachen und Gegenmaßnahmen ermöglicht. Anschließend wurde eine Forschungsagenda mit sechs Forschungsfragen erstellt, welche die Betrachtung gegensätzlicher Forschungsergebnisse, die Evaluierung von Gegenmaßnahmen und die stärkere technische Unterstützung adressieren.

Viele der untersuchten Artikel berücksichtigen nicht die aktuelle Entwicklung der mobilen Technologie in Bezug auf E-Mail. Dabei muss gerade vor dem Hintergrund der verstärkten Verbreitung von Smartphones berücksichtigt werden, dass E-Mail immer mobiler und somit zu jeder Zeit verfügbar ist. In Anbetracht der möglichen negativen Folgen von E-Mail bedeutet dies, dass sich Wissenschaft und Praxis erstens stärker mit der Evaluierung von Gegenmaßnahmen in Bezug auf mobile Anwendung beschäftigen muss, und zweitens stärker individuelle Präferenzen in Bezug auf die Erreichbarkeit und Stressempfindung berücksichtigen sollte. Die Erkenntnisse können dann die Gestaltung und individuelle Konfiguration von Software informieren.

Zwangsläufig unterliegt auch diese Arbeit einigen Einschränkungen. Trotz sorgfältiger Suche kann nicht ausgeschlossen werden, dass es noch weitere relevante Artikel gibt, die im Rahmen der Analyse nicht berücksichtigt wurden. Eine weitere Einschränkung stellt das entwickelte Framework zur Einteilung der Forschung zu E-Mail Overload dar. Bei anderer Betrachtungsweise könnten andere Elemente in den Vordergrund rücken. Auch die entwickelte Forschungsagenda kann nicht vollständig sein sondern nur einen Teil der möglichen Forschungsbedarfe abbilden. Nichtsdestotrotz zeigen die Ergebnisse, dass noch viele offene Forschungslücken existieren, die reichlich Potenzial bieten, um Unternehmen gerade in Anbetracht der aktuellen Relevanz von E-Mail Overload fundierte Handlungsanweisungen geben zu können. Diese Arbeit soll einen Schritt in diese Richtung leisten.

## 7 Literatur

- Addas S, Pinsonneault A (2015) The many faces of information technology interruptions: a taxonomy and preliminary investigation of their performance effects. *Information Systems Journal* 25(3):231–273
- Adler RF, Benbunan-Fich R (2013) Self-interruptions in discretionary multitasking. *Computers in Human Behavior* 29(4):1441–1449
- Atos (2011) Atos Origin sets out its ambition to be a zero email company within three years. [http://atos.net/en-us/home/we-are/news/press-release/2011/pr-2011\\_02\\_07\\_01.html](http://atos.net/en-us/home/we-are/news/press-release/2011/pr-2011_02_07_01.html). Zugriffen 29 November 2015

- Atwood D, Uttley R (2011) Help! Strategies for preventing information overload. *Nursing management* 42(7):50–52
- Barley SR, Meyerson DE, Grodal S (2011) E-mail as a source and symbol of stress. *Organization Science* 22(4):887–906
- Bellotti V, Ducheneaut N, Howard M, Smith I, Grinter RE (2005) Quality versus quantity: E-mail-centric task management and its relation with overload. *Human-computer interaction* 20(1):89–138
- Brown H (2007) View from the frontline: Email stress. *He@lth Information on the Internet* 60(1):10
- Brown R, Duck J, Jimmieson N (2014) E-mail in the workplace: The role of stress appraisals and normative response pressure in the relationship between e-mail stressors and employee strain. *International Journal of Stress Management* 21(4):325
- Camargo MR (2008) A grounded theory study of the relationship between e-mail and burnout. *Information research* 13(4):paper 383
- Dabbish LA, Kraut RE (2006) Email overload at work: an analysis of factors associated with email strain. In: *Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work*. ACM, 431–440
- Dredze M, Brooks T, Carroll J, Magarick J, Blitzer J, Pereira F (2008) Intelligent email: reply and attachment prediction. In: *Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces*. ACM, 321–324
- Eppler MJ, Mengis J (2004) The concept of information overload: A review of literature from organization science, accounting, marketing, MIS, and related disciplines. *The information society* 20(5):325–344
- Evans C, Wright W (2008) To all users: Copy all users. *Management Services* 52(1):24–27
- Faulring A, Mohnkern K, Steinfeld A, Myers B (2009) The design and evaluation of user interfaces for the RADAR learning personal assistant. *AI Magazine* 30(4):74–84
- Frank BH (2014) App of the Week: Google's Inbox is a new approach to solving email overload. <http://www.geekwire.com/2014/app-week-googles-inbox-helps-get-email-done/>. Zugriffen 29 November 2015
- Gupta A, Sharda R, Greve RA (2011) You've got email! Does it really matter to process emails now or later? *Information Systems Frontiers* 13(5):637–653
- Hair M, Renaud KV, Ramsay J (2007) The influence of self-esteem and locus of control on perceived email-related stress. *Computers in Human Behavior* 23(6):2791–2803
- Hemp P (2009) Death by information overload. *Harvard business review* 87(9):82–89
- Hill DS, Cowling L, Jackson F, Parry R, Taylor RG, Wyatt JP (2013) ED, email, emess! *Emergency Medicine Journal* 30(1):68–69
- Jackson T, Dawson R, Wilson D (2001) The cost of email interruption. *Journal of Systems and Information Technology* 5(1):81–92
- Jackson TW, Burgess A, Edwards J (2006) A simple approach to improving email communication. *Communications of the ACM* 49(6):107–109

- Janssen R, Poot H de (2006) Information Overload: Why Some People Seem to Suffer More Than Others. In: Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-computer Interaction: Changing Roles. ACM, 397–400
- Jerejian A, Reid C, Rees CS (2013) The contribution of email volume, email management strategies and propensity to worry in predicting email stress among academics. *Computers in Human Behavior* 29(3):991–996
- Kanungo S, Jain V (2008) Modeling email use: a case of email system transition. *System Dynamics Review* 24(3):299–319
- Köffer S (2015) Designing the digital workplace of the future - what scholars recommend to practitioners. In: Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2015), Fort Worth, USA
- Köffer S, Anlauf L, Ortbach K, Niehaves B (2015) The Intensified Blurring of Boundaries between Work and Private Life through IT Consumerization. In: Proceedings of the 23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015), Münster, Deutschland
- Kushlev K, Dunn EW (2015) Checking email less frequently reduces stress. *Computers in Human Behavior* 43:220–228
- Makarov U (2011) Networking or not working: A model of social procrastination from communication. *Journal of Economic Behavior & Organization* 80(3):574–585
- Mano RS, Mesch GS (2010) E-mail characteristics, work performance and distress. *Computers in Human Behavior* 26(1):61–69
- Mark G, Gonzalez VM, Harris J (2005) No task left behind?: examining the nature of fragmented work. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 321–330
- Marksteiner P (2011) Urgent: Mastering Information Overload in Government. *The Public Manager* 40(2):14–16
- McMurtry K (2014) Managing email overload in the workplace. *Performance Improvement* 53(7):31–37
- Palme J (1984) You have 134 unread mail! Do you want to read them now. In: Proceedings IFIP WG, vol 6, 175–184
- Ramsay J, Renaud K (2012) Using insights from email users to inform organisational email management policy. *Behaviour & Information Technology* 31(6):587–603
- Reeves B, Roy S, Gorman B, Morley T (2008) A marketplace for attention: Responses to a synthetic currency used to signal information importance in e-mail. *First Monday* 13(5)
- Reinke K, Chamorro-Premuzic T (2014) When email use gets out of control: Understanding the relationship between personality and email overload and their impact on burnout and work engagement. *Computers in Human Behavior* 36:502–509
- Rosoff M (2015) Flooded With Useless Emails? Microsoft Wants To Help. <http://uk.businessinsider.com/microsoft-clutter-aims-to-cure-email-overload-2014-11?r=US#ixzz3SrmaYaCe>. Zugegriffen 29 November 2015
- Rutkowski A, van Genuchten M (2008) No More Reply-to-All. *IEEE Computer* 41(7):94–96

- Schuff D, Turetken O, D'Arcy J (2006) A multi-attribute, multi-weight clustering approach to managing "e-mail overload". *Decision Support Systems* 42(3):1350–1365
- Schuff D, Turetken O, D'Arcy J, Croson D (2007) Managing e-mail overload: Solutions and future challenges. *Computer* 40(2):31–36
- SMB Group (2015) IBM Reimagines the Email Story With IBM Verse. <http://www.smb-gr.com/collaboration/ibm-reimagines-the-email-story-with-ibm-verse/>. Zugegriffen 29 November 2015
- Soucek R, Moser K (2010) Coping with information overload in email communication: Evaluation of a training intervention. *Computers in Human Behavior* 26(6):1458–1466
- Sumecki D, Chipulu M, Ojiako U (2011) Email overload: Exploring the moderating role of the perception of email as a 'business critical' tool. *International Journal of Information Management* 31(5):407–414
- Szóstek AM (2011) 'Dealing with My Emails': Latent user needs in email management. *Computers in Human Behavior* 27(2):723–729
- Tam T, Ferreira A, Lourenço A (2012) Automatic foldering of email messages: a combination approach. In: *Advances in Information Retrieval*. Springer, 232–243
- Taylor H, Fieldman G, Altman Y (2008) E-mail at work: A cause for concern? The implications of the new communication technologies for health, wellbeing and productivity at work. *Journal of Organisational Transformation & Social Change* 5(2):159–173
- The Radicati Group (2014) Email Statistics Report, 2014-2018. <http://www.radicati.com/wp/wp-content/uploads/2014/01/Email-Statistics-Report-2014-2018-Executive-Summary.pdf>. Zugegriffen 29 November 2015
- The Radicati Group (2015) Mobile Statistics Report, 2015-2019. <http://www.radicati.com/wp/wp-content/uploads/2015/02/Mobile-Statistics-Report-2015-2019-Executive-Summary.pdf>. Zugegriffen 29 November 2015
- Thomas GF, King CL, Baroni B, Cook L, Keitelman M, Miller S, Wardle A (2006) Reconceptualizing e-mail overload. *Journal of Business and Technical Communication* 20(3):252–287
- Vacek M (2014) How to survive email. In: *2014 IEEE 9th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*. IEEE, 49–54
- van der Heijden H (2004) User acceptance of hedonic information systems. *MIS Quarterly* 28(4):695–704
- Xiang Y (2009) Managing email overload with an automatic nonparametric clustering system. *The Journal of Supercomputing* 48(3):227–242
- Zeldes N, Sward D, Louchheim S (2007) Infomania: Why we can't afford to ignore it any longer. *First Monday* 12(8)

# **I Envy Your Life: Social Network Sites and Virtual Exhibition**

**Tit Yin Isaac Lau<sup>1</sup> and Julia Krönung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universität Mannheim, Institut für Wirtschaftsinformatik, thearcticman@live.com

<sup>2</sup> Universität Mannheim, E-Business & E-Government, jkroenun@mail.uni-mannheim.de

## **Abstract**

Online social network sites (OSNS) such as Facebook have provided many benefits to users and are thus frequently used by millions of users worldwide. However, recent research has found that OSNS can have harmful effects on individual users' lives as for instance a reduction in users' life satisfaction induced by envious feelings among users. In order to better understand this phenomenon, this research contains a theoretical framework mainly based on the Self-Evaluation Maintenance Model and the Self-Discrepancy Theory, to show that users would undertake unfriendly behavior, reduction in passive following, Schadenfreude and Self-Enhancement to cope with envy, which could in turn negatively affect the user adoption for OSNS. Thus, this research makes an important first step in order to further investigate and explain potentially harmful consequences of OSNS usage..

## **1 Introduction**

Although the benefits from using OSNS such as the increase of social capital or increased connectivity are omnipresent and its increasing usage rate across cultures (Ellison et al. 2007; Steinfield et al. 2008), recent research shifted the focus from benefits to potential problematic areas of OSNS usage such as stress, social overload, and depression (Berger et al. 2014; Xu et al. 2013). Beside the influence of these negative impact factors of individual OSNS on usage patterns and adoption rates that may have a negative effect on the business model of OSNS providers, since the way in which OSNS usage negatively affects individuals' life is highly underestimated and given the mere number of users, it can quickly develop into a societal challenge. One phenomenon that has recently caught researchers' interest is the issue that OSNS usage provokes envy, which in turn leads to a reduction in life satisfaction (Krasnova et al. 2013). Hence, envy and its behavioral consequences are particularly interesting in relation to prior research on IS adoption.

From the social psychological perspective, envy is considered to be a negative feeling causing pain (Smith and Kim 2007; Tai et al. 2012). Such realization can very often be triggered even unconsciously by social comparison. The vast amount of information available on OSNS has not only made social comparison to happen more frequently, but has also expanded the network of targets for social comparison to take place. Thus, envy on OSNS could be more common than in

real life, as the scope and operation of social comparison on OSNS is very unique in itself. Due to the nature of social comparison among human beings, and its significant contribution to the feeling of envy, one can expect the huge potential negative consequences to users on their well-being. Unfortunately, despite the existence of literature on the topic of envy and social comparison, there are so far, according to the authors' best knowledge, only a few studies have started investigating this envy phenomenon on OSNS (Krasnova et al. 2013; Tandoc et al. 2015; Wu and Srite 2014).

Not only do we have only little research in this area, however, it is in fact more important to investigate how OSNS users cope with envy. Some traditional approach to deal with envy might not be applicable to OSNS due to its unique and different nature on how people interact with each other. Nevertheless, there is no research so far on how users cope with envy on OSNS. With previous few studies having identified the existence of envy on OSNS and its negative consequences, we would therefore, like to advance a line of research on this under explored topic of envy on OSNS with a holistic approach by adapting existing theories from social science. The main focus would be on how people cope with envy on OSNS.

## 2 Theoretical background

### 2.1 Envy, Social Comparison and their relation to OSNS

Envy, according to its definition (Elster 1991; Smith et al. 1999), happens when we notice that someone else has something that we desire, but lack (Elster 1991). Several scholars agreed that it also contains the element of an unfavorably comparison. It is universal across cultures and very common that many of us have come across in our life (Smith and Kim 2007). While envy can be categorized into two main types based on the consequences from such emotion, namely malicious envy (negative) and benign envy (positive) (Van de Ven et al. 2009, 2011). Nevertheless, the majority of scholars have traditionally agreed more on the negative behaviors and attitudes from the feeling of envy (Smith and Kim 2007). In fact, there exists a very common element within envy across scholars, supported also from neuroscience (Takahashi et al. 2009) - the experience of the pain feeling, particularly at another's good fortune (Tai et al. 2012). It is also not hard to find envy being the reasons for crimes (Schoeck 1969; Smith and Kim 2007). Therefore, several scholars have already claimed the destructive nature of envy (Smith and Kim 2007).

Several researchers have argued that social comparison is one of the major components or activities that creates the feeling of envy among people (Quintanilla and de López 2013; Salovey 1991; Smith and Kim 2007; Tai et al. 2012; Van de Ven et al. 2009, 2011; Wu and Srite 2014). Social comparison is defined as *'the process of thinking about information about one or more people in relation to the self'* (Wood 1996). In accordance with the Social Comparison Theory from (Festinger 1954), there is a natural drive within individuals to gain accurate self-evaluations by comparing themselves with the others. In particular, unfavorable or upward social comparison have the strongest effect in developing the pain from envy (Tai et al. 2012; Wu and Srite 2014). While social comparison is not a new concept, the proliferating popularity of OSNS such as Facebook, Twitter and MySpace has provided a new platform to significantly foster social comparison. The most popular types of information shared on OSNS are normally those showing positive aspects about the users and their lives as people generally enjoy projecting a better image of themselves by showing their achievement and happiness online (Chou and Edge 2012; Wu and Srite 2014). Therefore one easily imaginable experience of envy on OSNS is, when one sees fantastic moment of the life of someone



else or his friends, either in the form of pictures, videos or text detailing that amazing social information, and start comparing such moment against the totality of one's own life.

The amount of social information available on OSNS as a base for social comparison is tremendous, for instance, while on average a Facebook user spends only 20 minutes per day, but in 60 seconds 510 comments are posted, 293,000 statuses are updated and 136,000 photos are uploaded globally (Noyes 2014). The implication here is that since any social information could be a target for social comparison, and no direct or personal contact is needed for such process to take place (Wood 1996), the huge amount of social information and the always accessible feature of OSNS across many digital devices have enabled immeasurable opportunities for social comparison to take place. Studies have already shown that a more intensive use of Facebook will lead to an increase in social comparison frequency, and the more one compares themselves on Facebook, the more frequent one will experience the negative feeling from those comparisons (Lee 2014).

Not only has OSNS provided an unlimited supply of social information for comparison, in fact, it has also intensified it. A study from (Manago et al. 2008) on self-presentation on MySpace, has found that students utilized OSNS for identify exploration to express certain idealized aspects of themselves they desired. Two reasons for the intensified social comparison are the lack of physical reality on SNS and self-presentation (Manago et al. 2008). Since it is hard to completely verify the accuracy of information on OSNS, one might be tempted to twist the information to better promote the image of oneself. Self-presentation is automatic in nature and involves the creation of positive impression on audiences by means of packaging information about oneself (Schlenker and Wowra 2003). Young adults might possibly manipulate their online profiles with misleading information to deceive others and gain a better self-impression through social comparison (Michikyan et al. 2014). A very recent study, even though there was no mention of the feeling of envy, has found that longer term and frequent users of Facebook had the impression that others are happier than them and less agreed that life is fair. It is because comparing their not always positive life events with those happy photos or moments on OSNS would give them the impression that the life of their friends are superior to them, this is even more true if the social comparison is undertaken with those who have less personal contact with the user (Chou and Edge 2012). Such perception of unfairness, feeling of inferiority and impression that others are happier can easily evoke the envy feeling.

## 2.2 Schadenfreude

Schadenfreude is the joy or pleasure from the pain or suffering from another person (Hareli and Weiner 2002). Its relationship to envy as a consequence or reaction from envy can be seen from numerous studies (Belk 2011; Caitlin A. J. Powell 2008; Smith and Kim 2007). According to (Caitlin A. J. Powell 2008), one would try to reduce or eliminate envy due to its painful and unpleasant nature, Schadenfreude could help to relief the pain by enhancing the positive feeling through an opponent process of enjoying the misfortune from the envied person. In the light of this, Schadenfreude could be a way to cope with envy, and that *'misfortune befalling the envied person may be the blissful lancing of the boil'* (Caitlin A. J. Powell 2008). Despite the support from Philosophers that an envied person's misfortune would bring pleasure to the envious person, and the support from neuroscience (Steinbeis and Singer 2014; Takahashi et al. 2009) plus the theoretical background for such claim, however, results from empirical research remained to be inconsistent (Caitlin A. J. Powell 2008). If the idea that hostility feature from envy is what creates Schadenfreude as suggested by various studies (Smith and Kim 2007), it could be possible that empirical evidence is not consistent as people in general are reluctant to admit such socially

undesirable behavior or their negative envious feelings (Hareli and Weiner 2002). The relative more relax atmosphere on OSNS might actually enable users to participate Schadenfreude related behaviors easier. Nevertheless, in spite of the numerous research on this topic, there are almost no research so far on the OSNS domain. It would be beneficiary to both OSNS providers and scholarship to have a better understanding of Schadenfreude on OSNS.

### 2.3 Self-Enhancement

Self-enhancement has been historically proposed as a motive of Social Comparison and that one can undertake downward social comparison with the worse of others to boost one's self-esteem, more normally when it is triggered by a self-evaluation threat (Suls and Wheeler 2000; Wills 1981). Such proposal has been further confirmed by a later factor analysis from (Helgeson and Mickelson 1995), showing that in general self-enhancement could help make people feel better about themselves (Helgeson and Mickelson 1995; Wood 2000). From the perspective of OSNS, based on the definition of self-enhancement, it could be accomplished by presenting a more attractive or favorable public profile. A review of Facebook research from (Wilson et al. 2012) has shown that, even though there exists support from researches on the finding that profiles on Facebook convey fairly accurate personality impression of profile owners, however, they have suggested also the possibility of some self-enhancement, especially when the relationships are not closed enough.

In fact, finding from a research on personality impressions based on Facebook profiles has shown that people engaged in some sort of self-enhancement on creating their profile to be presented (Gosling et al. 2007). Regardless of the level of self-esteem of oneself, one would like to look popular on Facebook via self-enhancement, as low-esteem people would like to fix their deficiencies in order to be more acceptable and high esteem people would also like to enhance their already higher status (Zywica and Danowski 2008). In fact, self-enhancement is one of the motivating factors for using Facebook (Joinson 2003). Unfortunately, despite the existence of literature on impression management and self enhancement on OSNS, there is very little explicit research on the relationship between self-enhancement to envy on OSNS. This is an underexplored area since indirect linkage between self-enhancement and envy can be found from literature as mentioned before, such as the achievement of a better emotional state of oneself by self-enhancement, when someone is under self-evaluation threat from envy triggered by social comparison.

### 2.4 Coping with Envy

Coping is a process that is initiated due to a response from an individual's appraisal that vital goal has been threatened (Folkman and Moskowitz 2004). To put into the perspective of envy coping, it would include thoughts or behaviors to reduce the pain or suffering from envy. One particular line of research in this area is to treat envy as a negative emotion and explore solution for rectifying such emotion (Harris and Salovey 2008). Three strategies can be found from the ancient Jewish perspective (Schimmel 2008): (1) not comparing the achievement of the envied person but focusing on being the best version of yourself, (2) shifting the central envious focus from the envied person to seeking solutions to acquire the desirable abilities or things the envied person possesses, and (3) purely accepting the believe that life is not fair and just hope for the best in the future.

Based on the review from (Harris and Salovey 2008), few major groups of envy coping strategies have been identified. While these modern strategies sound familiar to the one from ancient Jewish perspective, and despite the research from (Salovey and Rodin 1988) on envy coping showing few support on some of these strategies, however, there existed only little empirical research assessing

their effectiveness (Harris and Salovey 2008). There could be no single strategy that would work in all situations. Just because a strategy is working in one area does not guarantee its effectiveness in another area (Harris and Salovey 2008). One can imagine that due to the different envy provoking nature on OSNS, the envy strategies suggested in previous studies might not be applicable in the OSNS domain, not to mention that these strategies only have little empirical research to support so far. Unfortunately there is no research so far on how people cope with envy on the OSNS domain.

### 3 Research Model

#### 3.1 Research Questions

This study aims at bringing new insights to this under-explored area, on the feeling of envy resulting from the usage of OSNS. First and foremost, it is important to find out the behaviors of OSNS users to cope with their envious feeling, and how these envy coping behaviors operate and occur within the OSNS domain. Secondly, we would also like to examine whether Schadenfreude appears in the OSNS domain and if it is affected by envy, as it could also be a way to cope with envy by enjoying the pleasure from the misfortune of the envied persons. In the light of this, a main research question has been developed to gain a better understanding on the subject: **How do people cope with envy on Facebook?**

#### 3.2 Development of Research Model

In order to address the research questions to find out what people do in coping with envy and reduce the pain from feeling envious induced from usage of OSNS, we created our research model by merging two existing theories from the social psychological scholarship, the Self-Evaluation Maintenance Model (SEM model) (Tesser 1988) and the Self-Discrepancy Theory (SDT) (Higgins 1987). Components from the SEM model and SDT are examined, extracted, merged together and adjusted to fit into our research topic on envy coping with considerations on the OSNS perspective. Additional items were added to comprehend our model to better explore how people cope with envy on OSNS. Hypothesis were then derived based on this model.

According to the SEM model, there are three variables which could affect envious feeling one is experiencing due to the comparison process: Relevance, Closeness, and Relative performance. The variable “Closeness” from the SEM model stated that the closer the relationship between the envious and the one being envied, the greater the intensity of envy feeling when the domain under comparison is relevant. In other words, if the relationship is less closed, the comparison effect will be reduced. On the OSNS context, this could be accomplished by unfriendly behavior initiated from the envious person to the one being envied. Any attempt of unfriendly behavior could potentially reduce the closeness between the two and, according to (Tesser 1988), the effect from comparison will be reduced and hence this could be one way to cope with envy.

- H1a. Envy is positively associated with soft unfriendly behaviours on Facebook.
- H1b. Envy is positively associated with hard unfriendly behaviours on Facebook.

Schadenfreude, the joy or pleasure from the pain or suffering from another person (Hareli and Weiner 2002), could also be considered to be a way to cope with envy by injecting a positive feeling to the person feeling envy. While Schadenfreude might not have a direct connection to the parameters mentioned in both the SEM model and the SDT, yet, its ability to bring relief to the pain

suffered from the envious person (Caitlin A. J. Powell 2008), and the less personal nature on OSNS, could facilitate its use by users to handle envy. Schadenfreude can be visualized by action such as showing enjoyment on negative news on Facebook from the person being envied. An example would be giving a “like” to a negative post from the person being envied, such as being sick, having an accident or the loss of a love relationship. Therefore the following hypothesis is made:

- H2. Envy is positively associated with Schadenfreude on Facebook.

As mentioned earlier, that envy can be seen as the existence of self-discrepancy between the Actual/Self and Ideal/Self. According to (Higgins 1987), one parameter which could greatly reduce the emotional pain from self-discrepancy is accessibility. It consists of frequency and recency of the events reminding the existence of one’s self-discrepancy between the Actual/Self and Ideal/Self.

From the OSNS perspective, as there exists lots of social information on OSNS, passively following these social comparison prone information would eventually trigger the self-discrepancy realization for the user. Therefore an obvious way to decrease the accessibility is to reduce the amount of passive following on Facebook, which includes the reduction of duration and frequency on reading the newsfeed, status update from others, or simply the browsing of the profile of someone else. Additionally, one can also hide posts from friends whom one feels envious (Krasnova et al. 2013) as this is much more passive as others might not notice that his or her profile is being unsubscribed.

- H3. Envy is positively associated to reduction in Passive Following on Facebook

When it comes to coping with envy, there is one crucial parameter that has been shared by both the SEM model and the SDT as a way to reduce the pain induced by being envious. Relative performance as mentioned in the SEM model is the major parameter which induces the envious emotion, the broader the gap in relative performance, the more intense the envious feeling being induced. Therefore, one very effective way to copy with envy, is that if one can reduce the gap in performance, either in increasing one’s own performance or lower the others’ performance, the suffering from the pain of feeling envious can then be reduced. On the other hand, the self-discrepancy between Actual/Self and Ideal/Self is also the major reason for envious feeling according to the SDT theory. It is suggested that by reducing such self-discrepancy, again either by improving the Self-Actual aspect or reducing the higher ideal perception of the Ideal self, the envious feeling can be reduced.

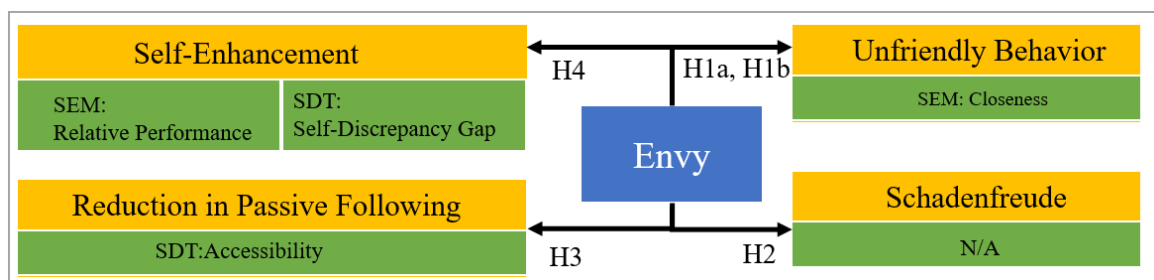
These two separated parameters are very similar in terms of how one can reduce the level of the emotion distress involved. On the context of OSNS, achieving such could be accomplished by self-enhancement to better one’s self-presentation. By making one’s online profile more attractive or desirable by means of uploading more attractive photos or posting status possibly also with overstatement of personal achievement representing a living style with high social status that is generally enviable and desirable by many others. In fact, while over stating one’s achievement or intentionally manipulate one’s status for better impression might seem dishonest, however, findings have shown that envy is indeed a powerful driver of dishonest behavior (Gino and Pierce 2009).

There exist several other behaviors of Self-Enhancement that could help relief the pain of envy. One example of such is photo-tagging, which could be *‘seen as a way to direct photos into a certain type of image stream or photographic conversation’* (Weilenmann et al. 2013). By tagging not just yourself, but also others in particular those who have high social values in your status or photos, it could boost up the image of yourself. It is also seen as a motivation behind attracting attention and self-presentation which would be a way to self-enhance oneself and provoke envy to others

especially when the photos in which tagging are done is enviable and attractive (Marlow et al. 2006). Another common self-enhancement related behavior is photo-manipulation, which has been made easier nowadays with OSNS such as Instagram or other smartphone apps. It has been shown that users do apply different filters to enhance the image either via in-app feature from OSNS or with the use of external third party apps (Weilenmann et al. 2013). Such enhancement of the pictures by means of certain manipulation before uploading to make them look more attractive and enviable would project a more competitive lifestyle on Facebook to rectify the perception that the 'performance' or others are better than oneself and reduce the self discrepancy. The idea of self-enhancement as proposed here to reduce the pain from envy also aligns with suggestion from (Krasnova et al. 2013), that more engagement in self-promotion and impression management could be ways for users to cope with envy, which could end up in a loop where other users continue to perform even more self-enhancement as ways to cope with envy. Therefore, the following hypothesis is made:

- H4. Envy is positively associated with Self-Enhancement on Facebook.

Figure 1 below summarizes all the hypotheses made in this research regarding to the theories used.



**Figure 1: Research Model with reference from theory**

### 3.3 Research Method

The exploratory nature of our study, the relatively less developed theories on our current research topic, and the less requirement on sample size suggest the use of PLS-SEM (Hair Jr et al. 2013). The structural model contains one and only one exogenous latent variable – Envy, with 5 dependent endogenous latent variables. All measurable models are reflective. Some of the measures are adopted from other researches which have valid internal consistency check on their indicators. For other measure that is self-developed, we took into consideration of the guidance from (Hair Jr et al. 2013; Petter et al. 2007) on selecting the suitable type of measure. Internal consistency check in the data analysis stage has been performed to reassure our decision on the mode of indicators.

Construct	Reference	Construct	Reference	Construct	Reference
Envy (10)	(Tandoc et al. 2015; Krasnova et al. 2013)	Soft unfriendly behavior (10)	(Bryant and Marmo 2012)	Reduction in Passive Following(7)	(Koroleva et al. 2011; Krasnova et al. 2013; Tandoc et al. 2015)
Schadenfreude (5)	(van Dijk et al. 2011)	Hard unfriendly behavior (8)	(Bryant and Marmo 2012)	Self-Enhancement(8)	Self-Developed

**Figure 2: Constructs used in this research**

There were 229 respondents in our survey, which exceeds the relative low sampling size requirement for the PLS-SEM method. German and Hong Kong (HK) Chinese are the two major

groups of participants to introduce different polarity of samples for broader coverage on demographics due to the exploratory nature of this study. About 74% of the respondent are at the age of 20 to 30, and 61.7% (38.3%) of respondents were female (male).

## 4 Data Analysis and Results

The following Figure 3 summarizes the important findings for the evaluation of the PLS-SEM structural model. In conclusion, both the measurement and structural models are valid. All the path coefficients have values higher than the recommended threshold of 0.2 (Hair Jr et al. 2013). The bootstrapping t-test further showed that the path coefficients for all the relationships are significant at a level of 0.01. Therefore we conclude that all the hypotheses are supported.

		Path Coefficient	t-value	Significance level	R <sup>2</sup>	f <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Envy -->	Hard Unfriendly Behavior Reduction in Passive	0.35	6.08	0.01	0.12	0.14	0.07
Envy -->	Following	0.24	4.16	0.01	0.06	0.06	0.03
Envy -->	SCHADEFREUDE	0.39	6.21	0.01	0.15	0.18	0.10
Envy -->	Self Enhancement	0.3	5.11	0.01	0.09	0.10	0.04
Envy -->	Soft Unfriendly Behavior	0.48	8.91	0.01	0.23	0.29	0.13

**Figure 3: PLS-SEM Structural Model Result Summary**

Some users on Facebook are closely monitoring and adapting to the content contribution behavior from their Facebook friends (Wilson et al. 2012). In this regard, since part of Self-Enhancement involves more positive content contribution on Facebook, it might also be moderated by the level of one's active participation on Facebook. To see if the relationship between Envy and Self-Enhancement would be influenced by the level of the active participation of Facebook users, an extra analysis on moderation effect from Active Participation has been taken. Upon the evaluation of the result from the bootstrapping significance test, we do not find support for a significant moderating effect of Active Participation on the relationship between Envy and Self-Enhancement.

## 5 Discussion and Conclusion

### 5.1 Discussion

Within this research, envy - a key phenomenon with respect to the effect of frequent OSNS usage on users' life satisfaction has been intensively investigated. The SEM Model suggested that closeness of a relationship will determine the intensity of the comparison process. We have found that Envy has a stronger positive impact to Soft Unfriendly Behavior than Hard Unfriendly Behavior. This could be contributed by the fact that users are normally reluctant to engage in more aggressive unfriendly behaviors with potential face-threatening issues as it can create social tension among people (Krasnova et al. 2013; Lopez and Ovaska 2013). OSNS providers such as Facebook should pay more attention to how the technical features like untagging or permission to post on someone's wall should be implemented to reduce one's envious feeling.

Our study also showed that one would reduce their time in passive following information on Facebook as an envy coping strategy as aligned with the SDT. It could be worrisome for OSNS providers in particular Facebook for maintaining the sustainable continuous usage from the users if users would like to reduce their time on Facebook, however, the positive insight from this finding is that, since its association with Envy is the least in our finding, showing that OSNS usage,

Facebook in our case has become part of our life. People might need to maintain a certain level of following news from friends on Facebook to remain connected to their social circle. In fact, there is a continued usage of Facebook even if it causes a decrease in mood, suggested that there could be an incentive to use Facebook with the expectation of feeling better (Sagioglou and Greitemeyer 2014). Last but not least, it could also be that people undertake downward comparison as a way to cope with envy, to increase their self-esteem, generate positive emotion and reduce anxiety (Helgeson and Mickelson 1995; Lee 2014).

Perhaps the most vital findings requiring further research is the positive association of Envy to self-enhancement. The presentation of a more attractive or favorable profile for better impression as a way to cope with envy would eventually induce feeling to the tohers as a second order effect. (Krasnova et al. 2013) called this loop as envy spiral, with user reacting more and contributing more self-promotional content. Even if not everyone is using self-enhancement as a way to cope with envy, however, since it is not uncommon to have user simply modeling what other users are doing on Facebook (Zywica and Danowski 2008), others might just follow this self-enhancement trend and we would end up having more people having the envious feeling due to these enhanced content. With the emergence of technical features available on OSNS such as photo-enhancement by means of filters to make the picture looks more attractive, and showing positive emotional status on Facebook, not only would this promote the use of Self-Enhancement as a way to cope with envy, but also triggering a second order effect creating another wave of self-enhancement.

The presence of Schadenfreude on Facebook has also been found in our study, aligning with the idea proposed by (Caitlin A. J. Powell 2008) that Schadenfreude could be used to release the pain from envy. The fact that people would give a 'like' to negative status posted by the envied person and feel satisfied about the misfortune of the envied person, as shown in our study is shocking, as this suggests the possibility that Facebook could provide the environment for Schadenfreude behaviors to happen or even promote it. This would then be alarming for Facebook, since if the act of Schadenfreude is discovered by the person being envied, it could be very detrimental to the relationship between the two, very likely the two person would even unfriend or block each other. This is an issue OSNS providers would need to tackle to maintain a good long term adoption rate.

OSNS related research normally contains result that are contingent on user demographic characteristics (Krasnova et al. 2013; Tandoc et al. 2015). A parametric approach from (Keil et al. 2000) as suggested by (Hair Jr et al. 2013) has been used to perform a Multi-Group analysis. Three interesting findings can be found: (1) the effect of Envy on Schadenfreude is larger on female than male, (2) the effect of Envy on Self Enhancement is greater on people from HK than those in Germany, and (3) the effect of Envy on Self Enhancement is stronger for those people having relatively less number of Facebook friends than those with more number of Facebook friends.

## **5.2 Theoretical and Managerial Implications**

In accordance with our knowledge, our study is the first one making use of the two theories (SEM and SDT) from the social science domain, in providing empirical support to, not only validating the applicability of these theories in the OSNS domain, but also identifying possible ways of envy coping. The contribution lies not only in applying one single theory from social science scholarship, in fact, we merged the two theories together to find out the similarities and dissimilarities between each other to propose a new and more comprehensive model to explain how to cope with envy.

Individually, our study contributes to the SEM model by confirming that, reducing the closeness of the relationship between the envied and the envious person, and also reducing the gap between the relative performance could help to cope with envy, as shown by the positive association of envy to unfriendly behavior and self-enhancement in our findings. On the SDT side, our contribution was the confirmation that reducing accessibility and narrowing the self-discrepancy gap between the ideal-self and the actual-self can be used to cope with envy, as shown by the positive association of envy to reduction in passive following and self-enhancement. The parameters involved in these two theories related to envy coping are relatively abstract and not easy to measure such as closeness of relationship from the SEM model and the self-discrepancy concept from SDT, however, we contributed to both the social science and information system scholarship the constructs to operationalize these abstract parameters, modified them for the OSNS domain for further research.

From a practical perspective, this research has provided insightful facts to OSNS providers, especially Facebook, that could affect the sustainable continuous usage of the users and their adoption rate. By realizing the exact operation users conduct for various envy coping strategies such as ignoring the message, leaving a group chat, un-tagging themselves, unsubscribing post from the envied person and so on so forth, Facebook could use them as proxy to detect potential envious issue happening from a technical point of view. Facebook could then implement a better mechanism to display content available to each user with the aim to minimize the chance of seeing enviable post. Such act would better protect their users from getting negative feelings such as envy when using Facebook, which is vital to the long term success of Facebook usage.

### 5.3 Further Research

While our study has created a new line of research on envy coping especially on OSNS, and extended the previous research from (Krasnova et al. 2013) supporting self-enhancement as a way to cope with Facebook envy, however, another interesting perspective would be to examine whether the intentional envy provoking of others or the worse off might also contribute to the positive association of envy to self-enhancement. It was proposed that one might deliberately act to provoke envy and maintain the envy of the worse off because human might enjoy being envied (Elster 1991). Provoking envy is more common to be found in the area of marketing to induce more consumption from consumer (Belk 2008). It has been claimed that being envied could mean success or social prestige (Quintanilla and de López 2013), and that being envied can bring one happiness (Belk 2011). Based on this idea, one could see the possibility that users are envious about the others on Facebook, so they undertake self-enhancement with a bit of overstatement, then they present their self-enhanced profile and become the object of others' envy. They could even undertake downward comparison with the newly enhanced profile on Facebook to boost their self-esteem and reduce the pain from their original envious feeling. In this regard, provoking envy could possibly be seen as a way to cope with envy.

## 6 Literature

- Belk R (2011) Benign envy. *AMS review* 1 (3-4):117-134
- Belk RW (2008) Marketing and envy. *Envy: Theory and research*:211-226
- Berger K, Klier J, Klier M, Probst F (2014) A Review of Information Systems Research on Online Social Networks. *Communications of the Association for Information Systmes* 35 (1):145-172



- Bryant EM, Marmo J (2012) The rules of Facebook friendship: A two-stage examination of interaction rules in close, casual, and acquaintance friendships. *Journal of Social and Personal Relationships*:0265407512443616
- Caitlin A. J. Powell RHS, David Ryan Schurtz (2008) Schadenfreude Caused by an Envied Person's Pain.
- Chou H-TG, Edge N (2012) "They are happier and having better lives than I am": the impact of using Facebook on perceptions of others' lives. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 15 (2):117-121
- Ellison NB, Steinfield C, Lampe C (2007) The benefits of Facebook "friends:" Social capital and college students' use of online social network sites. *Journal of Computer-Mediated Communication* 12 (4):1143-1168
- Elster J (1991) *Envy in social life. Strategy and Choice*. Cambridge, Mass.: The MIT Press,
- Festinger L (1954) A theory of social comparison processes. *Human relations* 7 (2):117-140
- Folkman S, Moskowitz JT (2004) Coping: Pitfalls and promise. *Annu Rev Psychol* 55:745-774
- Gino F, Pierce L (2009) Dishonesty in the name of equity. *Psychological Science* 20 (9):1153-1160
- Gosling SD, Gaddis S, Vazire S, others (2007) Personality Impressions Based on Facebook Profiles. *ICWSM* 7:1-4
- Hair Jr JF, Hult GTM, Ringle C, Sarstedt M (2013) *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage Publications,
- Hareli S, Weiner B (2002) Dislike and envy as antecedents of pleasure at another's misfortune. *Motivation and Emotion* 26 (4):257-277
- Harris CR, Salovey P (2008) Reflections on Envy. *Series in Affective Science Envy Theory and Research*:335-356
- Helgeson VS, Mickelson KD (1995) Motives for social comparison. *Personality and Social Psychology Bulletin* 21 (11):1200-1209
- Higgins ET (1987) Self-discrepancy: a theory relating self and affect. *Psychological review* 94 (3):319
- Joinson AN (2003) Understanding the psychology of internet behaviour. *Virtual worlds, real lives. Revista iberoamericana de educaci{\'o}n a distancia* 6 (2):190
- Keil M, Tan BC, Wei K-K, Saarinen T, Tuunainen V, Wassenaar A (2000) A cross-cultural study on escalation of commitment behavior in software projects. *Mis Quarterly*:299-325
- Koroleva K, Krasnova H, Veltri N, G\"u n, Oliver (2011) It's all about networking! empirical investigation of social capital formation on social network sites.
- Krasnova H, Wenninger H, Widjaja T, Buxmann P (2013) Envy on Facebook: A hidden threat to users' life satisfaction?
- Lee SY (2014) How do people compare themselves with others on social network sites?: The case of Facebook. *Computers in Human Behavior* 32:253-260
- Lopez MG, Ovaska S A look at unsociability on Facebook. In: *Proceedings of the 27th International BCS Human Computer Interaction Conference, 2013*. p 13
- Manago AM, Graham MB, Greenfield PM, Salimkhan G (2008) Self-presentation and gender on MySpace. *Journal of Applied Developmental Psychology* 29 (6):446-458
- Marlow C, Naaman M, Boyd D, Davis M HT06, tagging paper, taxonomy, Flickr, academic article, to read. In: *Proceedings of the seventeenth conference on Hypertext and hypermedia, 2006*. pp 31-40
- Michikyan M, Subrahmanyam K, Dennis J (2014) Can you tell who I am? Neuroticism, extraversion, and online self-presentation among young adults. *Computers in Human Behavior* 33:179-183
- Noyes D (2014) The Top 20 Valuable Facebook Statistics - Updated June 2014. <https://zephoria.com/social-media/top-15-valuable-facebook-statistics/>
- Petter S, Straub D, Rai A (2007) Specifying formative constructs in information systems research. *Mis Quarterly*:623-656
- Quintanilla L, Jensen de López, K (2013) The niche of envy: Conceptualization, coping strategies, and the ontogenesis of envy in cultural psychology. *Culture & Psychology* 19 (1):76-94

- Sagioglou C, Greitemeyer T (2014) Facebook's emotional consequences: Why Facebook causes a decrease in mood and why people still use it. *Computers in Human Behavior* 35:359-363
- Salovey P (1991) Social comparison processes in envy and jealousy.
- Salovey P, Rodin J (1988) Coping with envy and jealousy. *Journal of Social and Clinical Psychology* 7 (1):15-33
- Schimmel S (2008) Envy in Jewish thought and literature. *Envy: Theory and research*:17-38
- Schlenker BR, Wowra SA (2003) Carryover effects of feeling socially transparent or impenetrable on strategic self-presentation. *Journal of personality and social psychology* 85 (5):871
- Schoeck H (1969) *Envy*. Liberty Press,
- Smith RH, Kim SH (2007) Comprehending envy. *Psychological bulletin* 133 (1):46
- Smith RH, Parrott WG, Diener EF, Hoyle RH, Kim SH (1999) Dispositional envy. *Personality and Social Psychology Bulletin* 25 (8):1007-1020
- Steinbeis N, Singer T (2014) Projecting my envy onto you: Neurocognitive mechanisms of an offline emotional egocentricity bias. *NeuroImage* 102:370-380
- Steinfeld C, Ellison NB, Lampe C (2008) Social capital, self-esteem, and use of online social network sites: A longitudinal analysis. *Journal of Applied Developmental Psychology* 29 (6):434-445
- Suls J, Wheeler L (2000) A selective history of classic and neo-social comparison theory. In: *Handbook of social comparison*. Springer, pp 3-19
- Tai K, Narayanan J, McAllister DJ (2012) Envy as pain: Rethinking the nature of envy and its implications for employees and organizations. *Academy of Management Review* 37 (1):107-129
- Takahashi H, Kato M, Matsuura M, Mobbs D, Suhara T, Okubo Y (2009) When your gain is my pain and your pain is my gain: neural correlates of envy and schadenfreude. *Science* 323 (5916):937-939
- Tandoc EC, Ferrucci P, Duffy M (2015) Facebook use, envy, and depression among college students: Is facebooking depressing? *Computers in Human Behavior* 43:139-146
- Tesser A (1988) Toward a self-evaluation maintenance model of social behavior. *Advances in experimental social psychology* 21:181-227
- Van de Ven N, Zeelenberg M, Pieters R (2009) Leveling up and down: the experiences of benign and malicious envy. *Emotion* 9 (3):419
- Van de Ven N, Zeelenberg M, Pieters R (2011) Why envy outperforms admiration. *Personality and Social Psychology Bulletin* 37 (6):784-795
- van Dijk WW, Ouwerkerk JW, Wesseling YM, van Koningsbruggen GM (2011) Towards understanding pleasure at the misfortunes of others: The impact of self-evaluation threat on schadenfreude. *Cognition and Emotion* 25 (2):360-368
- Weilenmann A, Hillman T, Jungselius B Instagram at the museum: communicating the museum experience through social photo sharing. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2013. pp 1843-1852
- Wills TA (1981) Downward comparison principles in social psychology. *Psychological bulletin* 90 (2):245
- Wilson RE, Gosling SD, Graham LT (2012) A review of Facebook research in the social sciences. *Perspectives on Psychological Science* 7 (3):203-220
- Wood JV (1996) What is social comparison and how should we study it? *Personality and Social Psychology Bulletin* 22 (5):520-537
- Wood JV (2000) Examining social comparisons with the test selection measure. In: *Handbook of Social Comparison*. Springer, pp 201-222
- Wu J, Srite M (2014) How Envy Influences SNS Intentions to Use.
- Xu H, Phan TQ, Tan B (2013) How Does Online Social Network Change My Mood? An Empirical Study of Depression Contagion On Social Network Sites Using Text-mining.
- Zywica J, Danowski J (2008) The faces of Facebookers: Investigating social enhancement and social compensation hypotheses; predicting Facebook™ and offline popularity from sociability and self-esteem, and mapping the meanings of popularity with semantic networks. *Journal of Computer-Mediated Communication* 14 (1):1-34

# A User-oriented Analysis of Social Sharing Motives in E-Commerce

Olga Levina<sup>1</sup>, Iris Vilnai-Yavetz<sup>2</sup>, and Anne Schilling<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Berlin, Institut für Wirtschaftsinformatik, olga.levina.1@tu-berlin.de

<sup>2</sup> Ruppin Academic Center, Emek Hefer, yavetzir@ruppin.ac.il

## Abstract

This paper examines the motives for an e-commerce customer to share content from commercial websites via Social Network Services. We provide an empirically tested overview of these motives as well as test and describe models that can be used to incentivize sharing willingness. The research results are based on literature review in related fields such as electronic word of mouth as well as on the empirical analysis of an online survey conducted in Germany in 2015. The research findings provide insights on how sharing models in e-commerce platforms should be designed in order to increase the sharing likelihood of its users –in particular regarding the use of economic incentives. Although economic incentives were not named among the primary motives for sharing among the survey participants, it was demonstrated that incentives are an effective means to increase sharing likelihood. The results also suggest that giving additional incentives to the recipients of shared content in Social Network Services has a positive influence on the sharing willingness of the sender.

## 1 Introduction

The raising number of Social Network Service (SNS) users as well as the growing importance of e-commerce increasingly draw the attention of enterprises towards the usage of SNS for commercial purposes (Mikalef et al. 2013; Mata and Quesada 2014). Social Sharing, i.e. content sharing via SNS, introduces a novel communication channel between businesses and their (potential) customers. Including share buttons on commercial websites is meant to simulate Social Sharing (Liang et al. 2011; Schleipfer 2014). While the acts of forwarding recommendations or announcing a new purchase bare similarities with word of mouth (WOM) in the Internet context, i.e. electronic WOM (eWOM) (Hennig-Thurau et al. 2004) and microblogging WOM (mWOM) (Hennig-Thurau et al. 2014), the presented research takes a closer look on Social Sharing of e-commerce content. The paper explores the motives of e-commerce users to share content in SNS. More precise, the scope is on motives and incentives for Social Sharing of e-commerce content via share buttons. The gained insights enable exploration of how sharing models need to be designed to raise users' willingness to share.

Social Sharing is defined here in the context of eWoM and mWoM as media sharing using SNS. To connect SNS and websites a share button is often implemented as a plug-in in a website (Venzke

2011; Karg and Thomsen 2012; Gerlitz and Helmond 2013), i.e. as a clickable symbol that facilitate the sharing of the website content on a SNS.

For the definition of possible sharing motives as well as for the interpretation of the obtained results the motivation psychology (Heckhausen 1991; Rheinberg 2002) is used. Additionally, it provides the necessary background for the explanation of motivated sharing behavior as well as potential incentives for the motives. It further supports the presumption that given the motives and being provided by the sharing possibility the user would share the content in an SNS, thus justifying the implementation of the share buttons (Rheinberg 2002). The expectancy-value theory (Fishbein, M., & Ajzen 1975) is used to describe and discuss the success of the financial incentives for sharing.

Building on this theoretical foundations a method mix was applied to the research question. To identify possible sharing motives (online) literature review was performed with the focus on motivation in general as well as on WOM, eWOM and mWOM specifically. Empirical analysis of the data obtained from an online survey provided the basis for the definition of the main motivational factors for Social Sharing of e-commerce content as well as for the effects that different incentive models have on the sharing behavior.

As the result we provide a catalogue of potential motives for sharing of e-commerce content in SNS based not only on related research but also on empirical insights. Furthermore, we define models that can be used to stimulate sharing behavior as well as to describe their effects. This paper highlights a current topic for researchers in different disciplines such as e-commerce, social media and marketing. To present the research method as well as the results, the paper is structured as follows: first we review related work on WOM including eWOM and mWOM and sharing motives in section 2, followed by an overview of possible incentives for sharing in the context of the Internet. In section 3 we describe our research method and present its results in section 4. Discussion of the results, their implications as well as the outlook on future research finish the paper.

## 2 Related Work

Social Sharing is often considered in the context of the word of mouth (WOM) research. This view allows us to build on the well-established research to develop a self-contained definition. (Arndt 1967), p. 190) defines WOM communication in marketing context as: „Oral, person-to-person communication between a perceived non-commercial communicator and a receiver concerning a brand, a product, or a service offered for sale“ (cit.(Oetting 2009), p. 40). With the development of the Internet eWOM has become increasingly important. (Hennig-Thurau et al. 2004) define eWOM communication as „[...] any positive or negative statement made by potential, actual, or former customers about a product or company, which is made available to a multitude of people and institutions via the Internet“ (p. 39 f.). This definition was created in the context of their research on online consumer opinion platforms. (Hansen and Lee 2013) distinguish between two types of eWOM: the forwarding of messages generated by an enterprise and the sharing of own opinions towards (non-business) user-generated content. In 2012 Hennig-Thurau et al. provided a definition of mWOM in their later work as: „[...] any brief statement made by a consumer about a commercial entity or offering that is broadcast in real time to some or all members of the sender's social network through a specific web-based service (e.g., Twitter)“ (Hennig-Thurau et al. 2012), p. 7)). While covering the aspects of eWOM and mWOM, Social Sharing adds the facet of sharing an online content via a special service that integrates the social network into the e-commerce space, e.g. the Facebook “like” button. Thus, Social Sharing can be defined within media sharing context as: “The

practice of sharing content from a website on a social media site or application” (Oxford 2015). This definition is adopted in this paper as it extends the eWOM and mWOM definitions by a broader notion of the statement, defining it as content, and does not specify to how many users the content is shared, i.e. including a 1:1 sender-receiver ratio.

## 2.1 Motives for Sharing

Table 1 summarizes related work on potential (positive) sharing motives of e-commerce content.

Category	Motive	Source
Self-involved	Self-enhancement	(Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008; Yoo et al. 2013; Munar and Jacobsen 2014)
	Negative feelings	(Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008)
Hedonistic	Fun	(Gretzel and Yoo 2008)
Community-oriented	Social benefit	(Hennig-Thurau et al. 2004; Yoo et al. 2013; Munar and Jacobsen 2014)
	Search for advice	(Hennig-Thurau et al. 2004)
	Altruism: help other consumers	(Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008; Yoo et al. 2013; Munar and Jacobsen 2014)
Platform- or provider oriented	Altruism: help the provider	(Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008; Munar and Jacobsen 2014)
	Support the platform	(Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008; Munar and Jacobsen 2014)
Economic	Economic incentives	(Hennig-Thurau et al. 2004; Yoo et al. 2013)

**Table 1: Overview of the related work on eWOM participation**

In this research we don't consider the motive “negative feelings” as described by on (Hennig-Thurau et al. 2004) and (Gretzel and Yoo 2008), since this motive is more relevant for user communities either than in Social Sharing context. We structure the motives into the five categories that can be further classified into intrinsic, including “hedonistic”, and extrinsic, including “self-involved”, “community”, “provider- or platform-oriented”, “economic”. We use this overview as a starting ground for our empirical study on Social Sharing motives.

## 2.2 Types of Incentives and Their Effects for Recommendation in E-Commerce

Related work in incentives marketing is used to define possible incentive constructs for Social Sharing. Since these models have been developed from the enterprise point of view we conduct an empirical analysis described in section 4 to define whether these incentives are also efficient from the consumer point of view. The research by (Biyalogorsky et al. 2001; Ryu and Feick 2007) focuses on the reward programs introduced by enterprises as an incentive for a C2C recommendation of the business. Beside the analysis of the programs the authors also explore the differences in the recommendation readiness between members of the program that rewards both sides, i.e. the sender and receiver of the recommendation, and the members of programs that only rewards the recommender. Financial reward for a business recommendation can also have a negative effect for the sender, i.e. on her or his credibility. Thus, (Tuk et al. 2009; Xiao et al. 2011; Verlegh et al. 2013; Jin and Huang 2014) suggest at least a reward for both sides within such recommendation programs.

To summarize, financial incentives can be considered as an effective mean for increasing the eWOM communication (Ryu and Feick 2007). Additionally, a reward for both sides, the sender and the receiver of the shared e-commerce-related message, can have a positive effect on the readiness of the sender to provide recommendation (Ryu and Feick 2007; Ahrens et al. 2013; Jin and Huang 2014).

### 3 Research Method

The research explores the question of how different sharing models influence willingness of a user to share e-commerce content in his or her SNS resulting in an efficient incentive model for sharing of e-commerce content for e-businesses. This main question is specified by the question: What motives drive the users of e-commerce platforms to share e-commerce content in SNS? Seven motives identified based on literature review in WOM (section 2.1) and presented in section 4.1 serve as basis for empirical exploration using an online survey.

We derived our first proposition P1 on sharing incentives based on the research by (Hennig-Thurau et al. 2004) und (Yoo et al. 2013). The authors did not identify economic incentives as the primary motive for eWOM participation.

- **P1:** Economic incentives do not primary define the sharing willingness of a user.

We apply the term “user” to a customer of an online shop and a member of a SNS. To explore the incentives for Social Sharing in e-commerce context a taxonomy of sharing models based on the described motives was created. Three sharing models were identified:

- **M0:** Incentives models that do not implement financial incentives for content sharing
- **M1:** Incentives models that financially reward users who share content via sharing buttons
- **M2:** Incentives models that expand rewards to “friends” or “followers”, i.e. receiver of the user, i.e. sender, in case of content sharing

As these sharing models address multiple sharing motives (Hennig-Thurau et al. 2004; Wu and Sukoco 2010), sharing incentives need to address these sharing motives. As a result we formulate the following proposition P2:

- **P2:** Sharing models that involve economic motives such as financial incentives result in a higher sharing willingness as the sharing models that do not provide incentives.

Based on the propositions P1 and P2 we suggest the hypothesis H1:

- **H1:** Sharing models that stimulate economic motivation factors by financial incentives for the sender and receiver of the shared content result in a higher sharing willingness than the models that only reward the sender of the shared content.

To test the hypothesis 1 and thus to explore the sharing motives as well as the sharing willingness depending on the sharing model used, an online survey was performed.

#### 3.1 Data Collection

The gather the data an online survey was designed and published on a German online survey platform [www.umfrage.de](http://www.umfrage.de). Survey participants were recruited via social network services or forums

with the request to forward the survey link to other followers. The survey could be accessed online from January to February 2015 generating 199 replies.

The survey was structured as follows: After the assessment of demographic data, questions on SNS accounts were presented. Beside question on the favorite SNS, frequency of usage as well as e-commerce behavior, users were asked whether they already have or have been already asked to share their online purchase in an SNS in exchange for a reward. To measure the seven sharing motives, three items per motive were designed for the survey based on the eWoM research by (Hennig-Thurau et al. 2004; Gretzel and Yoo 2008; Yoo et al. 2013) and listed in table 2. The sharing models were operationalized by describing a possible realization scenario as a survey item. E.g. for M0 a use of share buttons and the integration of a pop-up question for the user were described (see table 3). A pre-test was conducted leading to more precise definitions and descriptions of survey items and situations. The complete survey is available upon request.

Motive construct	Item Draft <i>I write comments/reviews on online platforms/at review portals because...</i>	Used Item <i>I share e-commerce content such as images, product descriptions or offers in SNS, because...</i>
Economic incentives	<p>„...I receive a reward for the writing.“ (Hennig-Thurau et al. 2004), p. 46</p> <p>„...of the incentives I receive [...]“. (ibid.)</p> <p>„...I can get discount coupons on my next purchase on the site.“ (Yoo et al. 2013), p. 673</p>	<p>...I get a reward.</p> <p>...I get a discount.</p> <p>...I can save money.</p>
Self-enhancement	<p>„...I feel good when I can tell others about my buying successes.“ (Hennig-Thurau et al. 2004), p. 46</p> <p>„...my contributions show others that I am a clever customer.“ (ibid.)</p>	<p>...I feel good telling others about my finding.</p> <p>...I am happy if others like my content and comment on it.</p> <p>...It shows that I know about a certain topic or a product.</p>
Social benefit	<p>„...I believe a chat among like-minded people is a nice thing.“ (ibid.)</p> <p>„...it is fun to communicate this way with other people in the community.“ (ibid.)</p>	<p>...I can communicate with friends.</p> <p>...I like to exchange views about the same interests.</p> <p>...I feel connected with my friends.</p>
Altruism: help other consumers	<p>„...I want to give others the opportunity to buy the right product.“ (ibid.)</p> <p>„...I want to help others with my positive experiences.“ (ibid.)</p>	<p>...I want to help other to find a great product.</p> <p>...I want to point out a good offer to others.</p> <p>...I like to help others with an advice.</p>
Search for advice	<p>„...I expect to receive tips or support from other users.“ (ibid.)</p> <p>„...I hope to receive advice from others that helps me solve my problems.“ (ibid.)</p>	<p>...the feedback from my friends helps me with a purchasing decision.</p> <p>...others may have an additional advice for me.</p> <p>...I especially trust my friends' advice.</p>
Altruism: help the provider	<p>„...I am so satisfied with a company and its product that I want to help the company to be successful.“ (ibid.)</p> <p>„...in my own opinion, good companies should be supported.“ (ibid.)</p>	<p>...I want to support an online shop or a brand that I like.</p> <p>...I really like the product or the shop and thus want to contribute to its success.</p> <p>...I look forward to the product and thus want to reward the online shop or the brand.</p>
Fun	<p>„...I enjoy it.“ (Gretzel and Yoo 2008), p. 291)</p>	<p>...I enjoy sharing my finds with others.</p> <p>...I think it is enjoyable to collect products or images in this manner.</p> <p>...I enjoy sharing in SNS.</p>

**Table 2: Constructed survey items for addressing the sharing motives**

Sharing Model	Realization scenario
M0	S01: You realize that there is a Share Button for your favorite SNS.
	S02: There is a pop-up window on the website with the text: “We will be really happy if you tell your friends about us!” Under this text there is a Share Button.
	S03: There is a pop-up window on the website with the text: “Welcome! As a new customer you will receive a 10% discount”. You see a gift code and you can use a Share Button to tell your friends about the offer.
M1	S11: You realize that you get 5% off if you share the product with your friends via a Sharing Button.
	S12: There is a pop-up window on the website with the text: “Save 5€ on your purchase if you tell your friends about us!” Under the text there are Sharing Buttons.
	S13: You realize that there is a special offer: you get a free product if you share a personalized link in an SNS and a friend buys something using this link.
M2	S21: You realize that you AND your friends get a 5% discount if you share a product via a Sharing Button.
	S22: There is a pop-up window on the website with the text: “You AND your friends get a 5€ discount on your purchase if you tell them about us!” Under the text there are Sharing Buttons.
	S23: You realize that there is a special offer: you AND your friends get a free product if you share a personalized link in an SNS and a friend buys something using this link.

**Table 3: Realization scenarii as used in the survey to measure the effects of the sharing models**

### 3.2 Data Analysis

The final sample consists of 192 valid surveys with 58.9% of female participants. The age focus is on the 23-27 year- olds (34.4% of participants). The average number of SoM accounts is 3.1 (with  $\delta = 1.9$ ). All of the sample participants have a Facebook account which is also the most frequently visited SNS. Other popular SNS are: Instagram (39.1%), Google+ (34.4%) and Xing (32.8%).

90.6% of the sample stated that they read content within their SNS, whereas approx. 24% of the participants stated to write or post content like articles or pictures themselves in SNS. Almost 74% of the participants are considered regular online customers with several online purchases of goods or services per month. 65.5% stated to visit an online shopping website at least once a week. As to the sharing behavior, 46% of survey participants stated to have already shared online content in an SNS. 21% have already shared e-commerce content such as a product description, image or a commercial offer.

To confirm that the survey items were fit to describe all of the seven defined sharing motives, a principal factor analysis (PCA) was performed followed by a confirmatory factor analysis (CFA). PCA was applied to explore the structure in the survey items, while CFA was used as a testing method of the item-motive relation by the PCA was accordant to the empirically observed data. PCA showed five factors that explained 74.3% of the data variance over the 21 items.

To address the P1 proposition, ranking of sharing motives was composed using the survey results. According to the proposition economic reasons were not expected to show among the first two ranks. To measure the sharing motives the respondents were asked to rate each of the seven motives on the five point scale ranging from “applies” = 1 to “does not apply” = 5.



Proposition P2 and hypothesis H1 make statements about the sharing models and their potential to increase the sharing willingness. Thus, each model was sampled as three items describing a potential sharing situation. The respondents were asked to evaluate whether he or she would be willing to share the e-commerce content under described circumstances. A t-test was performed to determine whether the difference in sharing willingness induced by the models is significant.

## 4 Results

In this section we summarize the results of the literature review as well as of the empirical analysis. We point out the potential Social Sharing motives as well as present the effects of the sharing incentive models.

### 4.1 Definition of Sharing Motives

Analyzing specific behavior often means analyzing the motive that induces this behavior. Focusing on user-oriented sharing behavior results in the question about which models incentivize the behavior of sharing e-commerce content. Thus, we need to focus on which motives potentially lead to content sharing. As motivation is a construct for behavior explanation, we use the motivation theory and the expectancy-value theory as well as the related work on eWOM and mWOM to derive a motivation taxonomy for Social Sharing of e-commerce content in table 4.

Considering the similarities between eWOM research, mWOM research and Social Sharing described in section 2.1 we extend the related work findings by the motivation theories to address the specifics of the social network communication. We use the notions of intrinsic and extrinsic motivation as a grouping construct for different motives. Extrinsic motivation refers to the performance of an activity in order to attain a desired outcome and comes from influences outside of the individual. Intrinsic motivation is driven by an interest or enjoyment in the task itself, and comes from within the individual rather than relying on external pressures or a desire for reward.(Heckhausen 1991)

Extrinsic Motivation				Intrinsic Motivation
Economic	Immaterial			Hedonistic
	Self-oriented	Society-oriented	Platform- or producer-oriented	
Economic incentives	Self-enhancement	Altruism: Help other consumers	Altruism: Help the provider	Fun
		Social benefit		
		Search for advice		

**Table 4: Motives for Social Sharing of E-Commerce Content**

These motives were used to construct survey items for the empirical analysis of the user-oriented analysis for Social Sharing in e-commerce.

### 4.2 Empirical Analysis: Motive relevance

The PCA identified four factors for sharing that corresponded with the theoretically defined motives: “altruism: help other consumers” (factor 2), “altruism: help the provider” (factor 3), “economic incentives” (factor 4), “fun” (factor 5). Factor 1 is a combination of the items for motives

“self-enhancement” and “social benefit” and will thus be addressed as “self-enhancement/social benefit” motive. The theoretical motive “search for advice” (see table 1) was not identified by the factor analysis.

According to the survey results, the sharing motives are ranked as follows: “altruism: help other consumers” (avg. value of 2.77); “fun” (avg. value 2.91); “social benefit/self-enhancement” (avg. value 3.13); “altruism: help the provider” (avg. value 3.37); “economic incentives” (avg. value 3.38). A t-test was performed to explore the significance of the ranking. The results show a significant difference between the motives 1 and 5 as well as 2 and 5, with  $p=0.01$  and  $p=0.02$  respectively. Whereas the difference between the motives 3 and 5 as well as 4 and 5 is not significant. These results show that the motives “altruism: help other consumers” and “fun” have a higher influence on the sharing behavior than “economic incentives” and thus support the proposition P1. The findings support the related research by (Hennig-Thurau et al. 2004; Yoo et al. 2013), although, economic stimuli were ranked second in the research of Hennig-Thurau et al. 2004 for eWOM.

The analysis of sharing models shows that financial incentives can stimulate the sharing willingness (P2), especially when they are extended to both sides: the sender and the receiver of the content. These results support the findings by (Ryu and Feick 2007; Ahrens et al. 2013; Jin and Huang 2014) for customer loyalty programs.

#### 4.3 Empirical Analysis: Incentives

The analysis of the sharing models and their effects show that the average sharing willingness is slightly higher for model M2 (3.67) compared to M1 (3.75), whereas M0, the model that does not apply any economic incentives, scores the lowest average sharing willingness of 4.10. Also, the groups of respondents who have stated to have already shared e-commerce or online content show a higher average sharing willingness than the average sharing willingness of the whole sample (with  $M0=3.27$  and  $3.41$ ,  $M1=2.64$  and  $2.9$ ,  $M2=2.46$  and  $2.45$  respectively).

The t-test results show that the difference between the average sharing willingness of M0 and M1, as well as between M0 and M2 is highly significant, with  $p < 0.001$ . Also, the difference between sharing willingness of M1 and M2 is significant with  $p=0.045$ . These results support both proposition P2 and hypothesis H1.

## 5 Discussion and Outlook

In this research we analyzed potential motives for e-commerce content via Social Sharing in order to identify a suitable incentive. Although the empirical analysis was conducted in Germany, the catalogue of potential sharing motives as well as the definition of social sharing and incentives provide general insights. Our research design revealed that research on eWOM, mWOM, customer loyalty programs and participation can be used in the domain of Social Sharing in e-commerce. Thus, consolidation of terms, definitions and basic research can be suggested after further case studies have affirmed their applicability.

In this paper we have shown that the users are not primarily motivated by economic incentives. Nevertheless, we also showed that sharing models that use economic incentives results in a higher sharing potential. Our insights also indicate, that because of the possible negative results, the sharing incentives provide a reward for both sides, i.e. the sender as well as the receiver of the content.

Also, to stimulate the Social Sharing activity a multi-dimensional motive stimulation (see table 4) should be incorporated.

In our future work we will apply the research design to confirm our findings in context of other countries, thus diminishing the possible country bias. We will also build case studies that realize the different suggested sharing models to show the effects predicted in the empirical analysis in the reality.

## 6 References

- Ahrens J, Coyle JR, Strahilevitz MA (2013) Electronic word of mouth. *Eur J Mark* 47:1034–1051.
- Arndt J (1967) Word of mouth advertising and informal communication. In: Cox DF (ed) *Risk taking and information handling in consumer behavior*. Harvard Univ Press, pp 188–239
- Biyalogorsky E, Gerstner E, Libai B (2001) Customer Referral Management: Optimal Reward Programs. *Mark Sci* 20:82–95.
- Fishbein, M., & Ajzen I (1975) *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley Pub, Reading, MA, USA
- Gerlitz C, Helmond A (2013) The Like economy: Social buttons and the dataintensive web. *New Media Soc* 15:1348–1365.
- Gretzel U, Yoo KH (2008) What motivates consumers to write online travel reviews? *Inf Technol Tour* 10:283–296.
- Hansen SS, Lee JK (2013) What Drives Consumers to Pass Along Marketer- Generated eWOM in Social Network Games? Social and Game Factors in Play. *J Theor Appl Electron Commer Res* 8:53–68.
- Heckhausen H (1991) *Motivation and action*, Science & . Springer
- Hennig-Thurau T, Gwinner KP., Walsh G, Gremler DD (2004) Electronic word-of-mouth via consumer-opinion platforms: What motivates consumers to articulate themselves on the Internet? *J Interact Mark* 18:38–52.
- Hennig-Thurau T, Wiertz C, Feldhaus F (2014) Does Twitter Matter? The Impact of Microblogging Word of Mouth on Consumers' Adoption of New Movies. *J Acad Mark Sci* 43:375–394.
- Hennig-Thurau T, Wiertz C, Feldhaus F (2012) Exploring the „Twitter Effect:“ An Investigation of the Impact of Microblogging Word of Mouth on Consumers' Early Adoption of New Products.
- Jin L, Huang Y (2014) When giving money does not work: The differential effects of monetary versus in-kind rewards in referral reward programs. *Int J Res Mark* 31:107–116.
- Karg M, Thomsen S (2012) Tracking und Analyse durch Facebook. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* 36:729–736.
- Liang T-P, Ho Y-T, Li Y-W, Turban E (2011) What Drives Social Commerce: The Role of Social Support and Relationship Quality. *Int J Electron Commer* 16:69–90.
- Mata FJ, Quesada A (2014) Web 2.0, Social Networks and E-commerce as Marketing Tools. *J Theor Appl Electron Commer Res* 9:56– 69.

- Mikalef P, Giannakos M, Pateli A (2013) Shopping and Word-of-mouth intentions on social media. *J Theor Appl Electron Commer researc* 8:17–34.
- Munar AM, Jacobsen JKS (2014) Motivations for sharing tourism experiences through social media. *Tour Manag* 43:46–54.
- Oetting M (2009) *Ripple effect: How Empowered Involvement Drives Word of Mouth*. Springer Berlin Heidelberg
- Oxford (2015) Social Sharing. Oxford Dict. <http://www.oxforddictionaries.com/definition/engli>.
- Rheinberg F (2002) *Motivation*, 4th edn. Kohlhammer
- Ryu G, Feick L (2007) A Penny for Your Thoughts: Referral Reward Programs and Referral Likelihood. *J Mark* 71:84–94.
- Schleipfer S (2014) Facebook-Like-Buttons. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* 38:318–324.
- Tuk MA, Verlegh PWJ, Smidts A, Wigboldus DHJ (2009) Sales and sincerity: The role of relational framing in word-of-mouth marketing. *J Consum Psychol* 19:38–47.
- Venzke S (2011) Social Media Marketing. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* 35:387–392.
- Verlegh P, Ryu G, Tuk M, Feick L (2013) Receiver responses to rewarded referrals: the motive inferences framework. *J Acad Mark Sci* 41:669–682.
- Wu W-Y, Sukoco BM (2010) Why Should I Share? Examining Consumers' Motives and Trust on Knowledge Sharing. *J Comput Inf Syst* 50:11.
- Xiao P, Tang CS, Wirtz J (2011) Optimizing referral reward programs under impression management considerations. *Eur J Oper Res* 2015:730–739.
- Yoo CW, Sanders GL, Moon J (2013) Exploring the effect of e- WOM participation on e-Loyalty in e-commerce. *Decis Support Syst* 55:669–678.

# Time Series Analysis for Big Data: Evaluating Bayesian Structural Time Series using Electricity Prices

Nicole Ludwig<sup>1</sup>, Stefan Feuerriegel<sup>1</sup>, and Dirk Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chair for Information Systems Research, University of Freiburg, nicole.ludwig@is.uni-freiburg.de, stefan.feuerriegel@is.uni-freiburg.de, dirk.neumann@is.uni-freiburg.de

## Abstract

In the era of Big Data, time series analysis faces new challenges. A similarly huge number of external variables, which could be used to explain or predict data, accompanies the incredibly large amount of data that becomes available every day. To cope with those possible covariates, a robust selection of the relevant variables is necessary to efficiently predict or explain data. However, a careful distinction between predictive and explanatory analysis is crucial since the two tasks can be tackled equally well using the same method. In this paper, we evaluate new research methods for the analysis of Big Data time series. More specifically, we analyse the performance of Bayesian Structural Time Series and classical machine learning when performing explanatory or predictive tasks. We find that the Bayesian structural time series approach is well suited for the explanatory variable selection, whereas a support vector regression performs better in the prediction task.

## 1 Introduction

Today's fierce competition forces companies to collect literally all the data that is associated with that company (Turban 2011). Effectively, any interactions with customers, as well as the entire production process, are extensively documented, resulting in massive data collections. These large data collections are commonly referred to as *Big Data* (Boyd, Crawford 2012; Halper 2011; Power 2014). Big Data is typically characterized by *The Four Vs*, namely, volume, variety, veracity and velocity -- referring to the fact that the data collections are massive in size and, in addition, involve different formats of data (e.g. video, text), quickly changing data and data that is uncertain (IBM 2013). In this paper, we address the problem of handling such sheer volumes of data. More specifically, we explore the issue of variable selection in huge data collections. Potentially, there are hundreds of thousands of potential covariates available that may explain a certain phenomenon and could be used for prediction. This, however, requires a deliberate choice of the relevant variables, which is not easy when taking into consideration that these data collections may store millions of different variables. Typically, models will not involve a thousand variables but at most less than one hundred, even for very large models. Thus, the deliberate selection of the relevant - if possible, the causal (Brodersen et al. 2015) - variables becomes important. Google's notable chief

economist Hal Varian gives an overview (Varian 2014) of useful machine learning techniques that support variable selection in Big Data and the overall analysis of Big data.

One aspect that has been neglected so far is time series analysis in Big Data. In time series analysis, the prevalent problem is also identifying the relevant external explanatory variables that could subsequently be used as predictors. Furthermore, Big Data analysis is always susceptible to overfitting, if the models use too many variables. Thus, the thorough selection of relevant parameters reduces the increasing complexity arising from the dependency of the external data from the same latent variables.

In this paper, we will explore the Bayesian inference method called Bayesian Structural Time Series (henceforth BSTS) and evaluate whether it is useful for overcoming the variable selection problem in Big Data time series. The novel BSTS approach has been advocated by Scott and Varian (2013; 2014) it differs from other traditional forecasting methods by the analysis of latent variables. Its internal feature selection makes it a powerful tool for the analysis of Big Data. The inherent Bayesian variable selection approach has already been successful for identifying relevant parameters and is thus deemed promising for robust variable selection in a time series context. Scott and Varian (2013) use this Bayesian variable selection approach for Google Trends data but indicate that it could be a useful tool for *nowcasting* other economic time series.

Our rigid analysis of the BSTS involves comparing the performance of this method with support vector regression, the current state-of-the-art machine learning method. Performance is not only measured in terms of its explanatory value, but also in terms of its value for prediction. It is our premise that the BSTS model is very good at explaining the phenomenon at hand, but not as good as a prediction method. As a scenario, we refer to the explanation and prediction of electricity prices. As renewable energies, such as wind and solar energy, are fed into the system, the electricity prices become highly weather dependent. However, it is very difficult to include weather data in an analysis, since weather is often very different and localized. Potentially, all various weather stations may add information for the explanation and prediction of the electricity prices. We use both methods, BSTS and support vector regressions, for both the explanation and prediction and want to identify the strengths and weaknesses of each.

The remainder of this paper is structured as follows. Section 2 gives a literature overview on Business Intelligence publications that only minimally compare predictive and explanatory models. To close this research gap, Section 3 introduces two research methods to analyse time series originating from Big Data. Both research models are compared and evaluated in Section 3, which, finally, discusses their advantages and shortcomings, as well as deriving best-practice recommendations for practitioners.

## 2 Related Work

This section presents previous works from Information Systems research that address the differences between explanation and prediction. In addition, we briefly summarize the state-of-the-art techniques for explaining and forecasting electricity prices, which serve as our case study in the following evaluation.

## 2.1 Explaining versus Predicting in Information Systems Research

Although the two tasks of explaining and predicting are closely related and often exploit similar methodologies, there are important and non-trivial differences (Shmueli 2010). First, one requires different metrics (Urbanke et al. 2014) to measure the predictive or explanatory power, from which we use to distinguish between the two tasks. We need to know beforehand which of the tasks we want to perform in order to choose an appropriate research method. For example, even if we have a well-fitting explanatory model, this does not automatically entail accurate predictions. Interestingly, a recent MISQ review (Shmueli, Koppius 2011) claims that “*predictive analytics are rare in mainstream IS literature, and even when predictive goals or statements about predictive power are made, they incorrectly use explanatory models and metrics*”. Accordingly, predictive modelling can help improve explanatory models “*by capturing underlying complex patterns and relationships*”.

Thus, predictive analytics can play an important role (Apte et al. 2002; Arnott, Pervan 2005; Shmueli, Koppius 2011, Vizecky 2011a, 2011b) as a native mission of *Business Intelligence* (Alavi, Leidner 2001; Clark et al. 2007; Dinter et al. 2011; Hawking 2011). Business Intelligence naturally harnesses its methods and techniques in order to derive and optimize price forecasts (Turban 2011). Making use of more accurate price forecasts and implementing an effective strategy can provide a competitive advantage (Asadi Someh, Shanks 2015; Davenport, Harris 2007; Lett 2004; Keen 1981; Rud 2009). In fact, the underlying methods have received great traction lately with machine learning becoming increasingly prominent (Merkert et al. 2015). As such, Bayesian inference has been efficiently used to select important parameters and make better predictions. For a general introduction to Bayesian inference, one can consult e.g. Gelman et al. (2013). Similarly, Scott and Varian (2014) use Bayesian Structural Time Series models to explain and predict monthly retail sales with Google Trend data as an external predictor.

## 2.2 Explanatory and Predictive Research Methods

This section presents two IS research methods as common examples of how to fulfil our desired objectives, namely, explaining and forecasting time series data. Accordingly, we first introduce a machine learning method, the *support vector regression*. A support vector regression can be computed efficiently on modern computers, requiring only marginal knowledge for manual tuning and repeatedly produces reliable accuracy of the forecast; such reasons turned this method into a widespread lever to make predictions. Second, we tender Bayesian inferences as a hypothesis-driven analysis to find complex dependencies and non-trivial insights. Here, we utilize a research method named *Bayesian Structural Time Series* that has been proposed only very recently (Scott, Varian 2013). Altogether, both methods make up our framework in showing how Information Systems research can derive knowledge and provide managerial decision support. In the following, let the time series  $p_t$  denote the real values and  $\tilde{p}_t$  the predicted (or sampled) values for time steps  $t = 1, \dots, N$ .

## 2.3 Support Vector Regression

A classical support vector machine (SVM) can be adapted to the regression case with a continuous response, yielding a so-called support vector regression (SVR). Both are frequently used for predictions as they provide a suitable trade-off between computation time and forecasting performance, even with non-linear data (Bishop 2009; Drucker et al.; Hastie et al. 2013; Murphy 2012). Essentially, both map an input space onto a higher dimensional feature space by

implementing a non-linear transfer function. They then search an optimal separating hyperplane in this feature space. To do so, the objective function is usually given by

$$J(w_0, \mathbf{w}) = C \sum_{t=1}^T L_\epsilon(p_t, \tilde{p}_t) + \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \quad \text{and} \quad \tilde{p}_t = w_0 + \mathbf{w}^T \mathbf{x}, \quad (2-1)$$

where the regularization parameter  $C$  controls overfitting with a trade-off between the relative importance of maximizing the margin and fitting the training data. Additionally, the variable  $\mathbf{w}$  provides weights,  $\mathbf{x}$  exogenous inputs and  $L_\epsilon$  a  $\epsilon$ -insensitive loss function. The  $\epsilon$ -insensitive loss function (Vapnik 1995) tries to find a hyperplane that includes all training data in an  $\epsilon$ -tube around the predicted value; any point outside this tube is penalized. This is formalized by

$$L_{\epsilon(p_t, \tilde{p}_t)} = \begin{cases} 0, & \text{if } |p_t - \tilde{p}_t| < \epsilon \in \mathbb{R}, \\ |p_t - \tilde{p}_t| - \epsilon, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2-2)$$

After the above estimation of  $w_0$  and  $\mathbf{w}$  has been completed, we can make predictions for new inputs  $\mathbf{x}$  using

$$\tilde{p}_t = \tilde{w}_0 + \sum_t^T \alpha_t \kappa_t(p_t, \mathbf{x}) \quad (2-3)$$

with a kernel function  $\kappa$ . Here, we choose  $\kappa$  as a radial basis. In addition, we call the  $p_t$  for which  $\alpha_t > 0$  support vectors.

## 2.4 Bayesian Inference with Bayesian Structural Time Series

Bayesian inference quantifies uncertain knowledge on a set of unknown parameters statistically with the help of a posterior or conditional probability distribution of those parameters (Dempster, Tomberlin 1980).

In our following analysis, we choose a recently proposed research method (Scott, Varian 2013, 2014) for Bayesian inference aimed at time series data, named Bayesian Structural Time Series (BSTS). BSTS combines the two approaches of Bayesian inference and structural time series. It entails several advantages that turn it into a powerful tool chain: it specifically addresses the challenges of Big Data by acting as a robust model to select relevant predictors. Its underlying concepts are built on top of two components, a spike and slab regression and a structural time series. On the one hand, the spike and slab regression enables us to rank exogenous predictors according to their importance. This brings about an intriguing use, which is not inherently modelled by classical research methods from time series analysis. On the other hand, the second component is a time series in a state space form (see e.g. Harvey 1989), thus it can be described with an observation and a transition equation given by

$$y_t = Z_t^T \alpha_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim \mathbb{N}(0, \sigma_\varepsilon^2), \quad (2-4)$$

$$\alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + R_t \eta_t, \quad \eta_t \sim \mathbb{N}(0, Q_t), \quad (2-5)$$

with random Gaussian noise  $\varepsilon_t$  and  $\eta_t$  with variance  $\sigma_\varepsilon^2$  and  $Q_t$  respectively. Equation (2-4) provides information regarding the relation between the observed variables  $y_t$  and the latent state variables  $\alpha_t$ . Equation (2-5) describes the transition behaviour of the latent state variables over time. Notation in the form of a state space model is convenient because one can effortlessly add further components to the state vector, such as seasonality and trend.

Bayesian Structural Time Series can provide new explanatory insights for the understanding of data, which originates from its automated variable selection. To identify those predictors, a *spike* and



*slab* prior distribution (George, McCulloch 1997; Ishwaran, Rao, 2005; Polson, Scott 2011) is linked to the regression coefficients  $\beta$ . For example, one can assume an independent Bernoulli prior

$$P(\beta, \gamma, \sigma_\varepsilon^2) = P(\beta_\gamma | \gamma, \sigma_\varepsilon^2) P(\sigma_\varepsilon^2 | \gamma) P(\gamma), \quad (2-6)$$

with  $\beta_\gamma$  representing the coefficients which are not equal to zero (Scott, Varian 2014). Thus, the spike prior  $\gamma$  gives the probability that a predictor is different from zero, whereas the slab prior estimates the values of the coefficient. To estimate the actual values, we use a Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm to take repeated drawings from the two prior distributions and then combine them. This consequently results in a posterior probability for variable inclusion and a posterior distribution for the values of the coefficient (Bishop 2009; Konrath et al. 2008; Malsiner-Walli, Wagner 2011; Varian 2014). Altogether, BSTS can choose only a subset of relevant regressors from its variable selection.

## 2.5 Parameter Estimation Framework

In this section, we introduce the framework on which our parameter estimation is based. We compare the aforementioned models according to their explanatory insights and their accuracy on out-of-sample data. It is therefore necessary to specify a set of *training data* to estimate our model and to measure the explanatory power, as well as a set of *test data* to check the predictive accuracy of our model. Following previous work (Ludwig et al. 2015), we use a 24 h-step forecast due to the auction design of the spot market. We use a training set of 365 days, such that our initial training set is the year 2013, leaving us with a test set of 2880 hours, corresponding to January 1 to April 30, 2014.

To further enhance our forecasting performance, we use a *rolling re-estimation* of parameters (c.f. Hu et al. 1999; Feuerriegel et al. 2014; Mimran, Even 2014). Here, the coefficients are re-estimated at a certain frequency, such that each iteration assembles a training set that is shifted by a specified period similar to a moving window. The same method is also necessary to move the test set to measure the predictive performance. In this study, we set the re-estimation to occur weekly.

## 3 Evaluation: Time Series Analysis for Big Data

This research-in-progress paper addresses the two main challenges for Big Data analytics: explanatory insights aim to understand data and infer relationships of high robustness, while predictive models provide estimates on unknown data. Both are vital advantages for practitioners in order to enrich strategic judgements with statistical evidence, to validate previous management choices and to provide decision support.

### 3.1 Dataset

The electricity prices used for our analysis are the German and Austrian day-ahead spot prices from January 01, 2013 to April 30, 2014, retrieved from the *European Power Exchange* (EPEX). Since market operations are carried out 24-hours a day, seven days a week, this time frame results in a total number of 11640 observations. During this period, prices range from -100.03 €/MWh to 130.27 €/MWh, with a mean price of 36.60 €/MWh.

In addition to the EPEX price, we use wind and temperature data as exogenous predictors. The necessary data is obtained from the Global Data Set of the DWD (Deutscher Wetterdienst). The DWD is a public German institution that is legally obliged to provide information about the German

weather. Since wind turbines provide approximately 8.9% of German gross electricity production<sup>1</sup>, we include wind speed as one of our exogenous predictors. Here, we use the data from 69 weather stations scattered all over the country. These stations provide hourly averages in m/s. The hourly wind speed ranges from calm air (0 m/s) to hurricane force (> 32 m/s), with an average over all weather stations of 4.04 m/s. Additionally, we include the data of 75 weather stations that provide hourly temperature averages in °C.

### 3.2 Predictive Performance

In order to evaluate the predictive performance of the different models, we can compare the predicted out-of-sample time series,  $\tilde{p}_t$  with  $t \in \{1, \dots, N\}$ , with the real market prices  $p_t$ . This section presents two different statistical measures that are frequently used in the literature (see e.g. Conejo et al. 2005; Keles et al. 2013; Misioerek et al. 2006; Ludwig et al. 2015) in order to compare forecasting accuracy. They are the root mean squared error (RMSE) and mean absolute error (MAE), given by

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |p_t - \tilde{p}_t| \quad \text{and} \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (p_t - \tilde{p}_t)^2}. \quad (3-1)$$

### 3.3 Predictive and Explanatory Results

Having introduced our data set, we can now evaluate and compare the above research methods. As previously mentioned, we explicitly differentiate between methods aimed at explanatory as opposed to predictive power. The detailed results are listed in Table 1 while the main findings are as follows:

**Explanatory Power** Our first comparison focuses on the explanatory power. The Bayesian Structural Time Series model results in an average model fit accounting for  $R^2 = 0.99825$ , while it simultaneously identifies the most relevant weather stations and ranks them according to their inclusion probability. This probability denotes the likelihood with which the station is incorporated into the model. As a result, only one station out of 144 predictors is included in every draw, while the maximum number can reach six. Figure 1 visualizes these stations, their inclusion probability, geographic location and sensor. In comparison, the support vector regression computes hyperplanes internally to separate weather stations, although we cannot access a ranking of these weather stations.

**Predictive Performance** We compare the forecasting performance of the Bayesian Structural Time Series model to the support vector regression. The best BSTS result originates from a data-driven prior specification. In our case, we use a prior with a standard deviation according to past prices. The support vector regression (model 3) outperforms the BSTS model with a root mean squared error of 8.35 compared to a RMSE of 15.48 with a weekly re-estimation. This accounts for a major proportional decrease of 46.02 %.

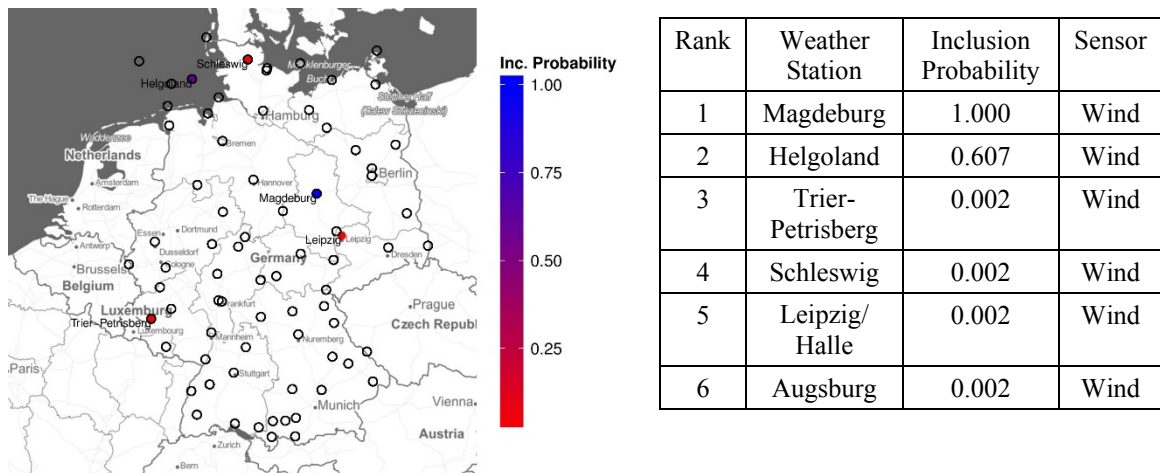
These results show the strengths and weaknesses of each method, which indicate that BSTS is a viable research method for explaining and understanding data, while SVR performs well for forecasting. Overall, this demonstrates a possible way to successfully perform time series analysis in the face of Big Data.

<sup>1</sup> BDEW. Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien. Retrieved on August 13, 2014 from <http://www.bdew.de/internet.nsf/id/97KC8N-stromerzeugung-aus-erneuerbaren-energien-de?open&ccm=500010045>.

Ultimately, we can see that both approaches for explanation and prediction can benefit from each other. Their interplay is given in the support vector regressions that use a subset of potential regressors, which we have selected according to the inclusion probability of the BSTS model. Overall, Table 1 shows a similar performance of the joint model (3). This is based on a drastically smaller number of regressors but achieves a performance that is similar to the complete support vector regression.

					In-Sample Accuracy	Out-of-Sample Accuracy	
No.	Method	#Var.	Comp. Time	Model Complexity	Model Fit $R^2$	RMSE	MAE
(1)	Bayesian Structural Time Series	144	Low	Low	0.99825	15.475	11.533
(2)	Support Vector Regression	144	High	High	-	8.353 -40.02%	6.138 -46.78%
(3)	Support Vector Regression	5	Medium	Medium	-	8.367 -45.93%	6.171 -46.49%

**Table 1: Comparison of the Explanatory and Predictive Research Methods in Terms of Model Fit and Out-of-Sample Prediction Error**



**Figure 1: Variable selection of relevant weather stations according to the BSTS model. The colour ranges from a probability of 0.002 (red) to a probability of 1.000 (blue) that the station is included, whereas white stations are not included**

### 3.4 Discussion and Managerial Implications

The Big Data era requires novel research methods which need to work efficiently when facing gigabytes and terabytes of data. Though this challenges even modern computer hardware, further requirements originate from additional time constraints since managements want to derive decisions almost instantly. In addition, data is likely to be subject to noise, which incubates the desire for research methods that are highly robust. Thus, Varian (2014) advocates “*new tricks*” to unlock the potential of Big Data analytics. As a recommendation for practitioners and as a theoretical contribution, we can contribute to the existing research body on Big Data recommendations (e.g. Boylan, Syntetos 2012; Chen et al. 2012) and derive the following insights.

*Implication: Big Data requires carefully designed research methods that come to robust conclusions when observations are scarce and the number of predictors is large.*

For time series analysis, a novel research method that addresses the above challenges is Bayesian Structural Time Series. Its use in mainstream data analytics was only recently advocated by Varian (2014), since its inherent feature selection can combat overfitting or ill-posed problems by extracting relevant variables. BSTS provides practitioners with useful information about which variables are important. In our case, we can now identify the few relevant weather stations (see Figure 1) and locate areas where further weather measurements are helpful in improving forecasts. If we look, for example, at a period of extreme cold weather (as at the end of the year 2014) to find out how fast and how strong prices react to such weather, we now only have to monitor a few stations and can adapt accordingly. In practice, this knowledge can help us to improve our forecasts, as well as our understanding of how the dependent variable reacts. Given those results, we provide the following suggestion to practitioners and managers: in order to identify relevant parameters and to reduce the dimensionality of the problem, the BSTS model provides a robust framework, which is also helpful for theory building.

*Implication: designated research methods can perform variable selection in order to unveil explanatory insights and provide decision support.*

While the benefits of variable selection methods are at hand, other methods also exist that are especially suited to predictive analytics. For example, if we primarily focus on the prediction task and care only marginally about the importance of the different stations, the support vector regressions seem to be the better choice. The corresponding forecasting errors are significantly lower than those of the Bayesian Structural Time Series model. For general predictions that do not need to retrieve a proper explanation of the data, the support vector regression can be an effective method.

*Implication: choosing an appropriate research method depends on the task at hand, whether it strives for explanatory power or predictive performance.*

## 4 Conclusion and Research Outlook

Organizations are constantly looking for ways to improve their decision-making processes in various domains including, for example, marketing, production, operations and procurement. In order to provide decision support, managers and practitioners need systems that can understand the topology of knowledge hidden in data and that utilize the insights gained for making predictions. While Information Systems research has a long-reaching history of providing decision support, new ideas are urgently needed to tackle the increasing volume of data. This boost in data volume is known as the *Big Data* era, which was unleashed by the rapid development of powerful computer hardware. Harnessing Big Data opens significant opportunities for data-driven decision support systems.

Decision support systems target two essential tasks we face as researchers and managers: explaining the relationships between data and predicting outcomes from input. Although both objectives are dependent on each other, different methodologies should be used to gain robust results. A good explanatory model does not necessarily perform well for predictive tasks and vice versa. However, each task fulfils critical decision support and the selection of research methods should depend on

the desired objective. Both tasks can benefit each other, when one integrates the knowledge of relevant variables from the explanatory model into predictive analytics.

As more data becomes available, we also face the problem of identifying relevant parameters to explain and predict in Big Data.

This Research-in-Progress paper has presented research methods for a time series analysis of Big Data. In particular, we perform machine learning with support vector regression and compare it to state-of-the-art Bayesian inference in the form of Bayesian Structural Time Series. Both research methods are applied to our case study of forecasting electricity prices with the help of real weather data as exogenous input. Our case study reveals the predictive performance of support vector regression as its main advantage. Utilizing this research method, we achieve a clear decrease in the residual mean squared error by 46.02%. Although Bayesian Structural Time Series cannot compete in terms of predictive power, it can be used efficiently for the robust selection of important variables. Consequently, practitioners can identify the main drivers of electricity prices. This is even possible efficiently when facing a huge number of available regressors (i.e. weather stations), since this research method gives us a ranking of regressors by relevance.

Our future research will need to tackle several issues in order to broaden our findings: we plan to improve the results of the existing methods, for example, by sampling from further distributions inside the BSTS model. Additional effort will also be necessary to generalize our outcomes. This can be achieved by integrating comparisons to other methods, such as boosted random forests, the Lasso and neural networks. We then intend to integrate statistical tests (e.g. the Diebold-Mariano test) in order to verify the credibility of our results. Finally, we will complete this research by performing robustness checks and a sensitivity analysis. In this instance, it would be intriguing to study whether a longer history of past data could improve the predictive performance or whether different forecasting horizons change our results. In the long-run, the Information Systems discipline is likely to benefit from further research methods that, for example, can complete efficient variable selection when facing non-linearities.

## 5 Publication bibliography

- Alavi, M; Leidner, D. E. (2001): Review. Knowledge Management and Knowledge Management Systems. Conceptual Foundations and Research Issues. In *MIS Quarterly* 25 (1), pp. 107–136.
- Apte, Chidanand; Liu, Bing; Pednault, Edwin P. D.; Smyth, Padhraic (2002): Business Applications of Data Mining. In *Commun. ACM* 45 (8), pp. 49–53.
- Arnott, David; Pervan, Graham (2005): A Critical Analysis of Decision Support Systems Research. In *J Inf Technol* 20 (2), pp. 67–87.
- Asadi Someh, Ida; Shanks, Graeme (2015): How Business Analytics Systems Provide Benefits and Contribute to Firm Performance? In : 23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015). European Conference on Information Systems.
- Bishop, Christopher M. (2009): *Pattern Recognition and Machine Learning*. 8th ed. New York, NY: Springer (Information Science and Statistics).
- Boyd, Danah; Crawford, Kate (2012): Critical Questions for Big Data. In *Information, Communication & Society* 15 (5), pp. 662–679.

- Boylan, John E.; Syntetos, Aris A. (2012): Forecasting in Management Science. In *Omega* 40 (6), p. 681.
- Brodersen, Kay H; Gallusser, Fabian; Koehler, Jim; Remy, Nicolas; Scott, Steven L (2015): Inferring Causal Impact using Bayesian Structural Time-Series Models. In *Annals of Applied Statistics* 9 (1), pp. 247–274.
- Chen, Hsinchun; Chiang, Roger H L; Storey, Veda C (2012): Business Intelligence and Analytics. From Big Data to Big Impact. In *MIS Quarterly* 36 (4), pp. 1165–1188.
- Clark, Thomas D.; Jones, Mary C.; Armstrong, Curtis P. (2007): The Dynamic Structure of Management Support Systems. Theory Development, Research Focus, and Direction. In *MIS Quarterly* 31 (3), pp. 579–615.
- Conejo, A. J.; Plazas, M. A.; Espinola, R.; Molina, A. B. (2005): Day-Ahead Electricity Price Forecasting Using the Wavelet Transform and ARIMA Models. In *IEEE Trans. Power Syst.* 20 (2), pp. 1035–1042.
- Davenport, Thomas H.; Harris, Jeanne G. (2007): *Competing on Analytics. The New Science of Winning*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Dempster, A P; Tomberlin, T J (1980): The Analysis of Census Undercount from a Postenumeration Survey. In : *Proceedings of the Conference on Census Undercount*. Arlington, VA, pp. 88–94.
- Dinter, Barbara; Schieder, Christian; Gluchowski, Peter (2011): Towards a Life Cycle Oriented Business Intelligence Success Model. In: *Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2011)*, pp. Paper 361.
- Drucker, Harris; Burges, Christopher J C; Kaufman, Linda; Smola, Alexander J; Vapnik, Vladimir N: Support Vector Regression Machines. In : *Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS 1996)*. Cambridge, MA: MIT Press (9), pp. 155–161.
- Feuerriegel, Stefan; Riedlinger, Simon; Neumann, Dirk (2014): Predictive Analytics for Electricity Prices using Feed-Ins from Renewables. In : *22nd European Conference on Information Systems (ECIS 2014)*.
- Gelman, Andrew; Carlin, John B; Stern, Hal S; Dunson, David B; Vehtari, Aki; Rubin, Donald B (2013): *Bayesian Data Analysis*. 3rd ed. New York, NY: Chapman and Hall/CRC (Texts in Statistical Science).
- George, Edward I; McCulloch, Robert E (1997): Approaches for Bayesian Variable Selection. In *Statistica Sinica* 7 (2), pp. 339–373.
- Halper, Fern (2011): The Top 5 Trends in Predictive Analytics (Information Management). Available online at [http://www.information-management.com/issues/21\\_6/the-top-5-trends-in-predictive-analytics-10021460-1.html](http://www.information-management.com/issues/21_6/the-top-5-trends-in-predictive-analytics-10021460-1.html), updated on 2011, checked on 8/20/2014.
- Harvey, Andrew C. (1989): *Forecasting, structural time series models and the Kalman Filter*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Pr.
- Hastie, Trevor J.; Tibshirani, Robert J.; Friedman, Jerome H. (2013): *The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction*. 2. ed., corr. at 7th printing. New York, NY: Springer (Springer Series in Statistics).

- Hawking, Paul (2011): Business Intelligence Excellence: A Company's Journey to Business Intelligence Maturity. In : Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2011), pp. Paper 63.
- Hu, Michael Y.; Zhang, Guoqiang; Jiang, Christine X.; Patuwo, B. Eddy (1999): A Cross-Validation Analysis of Neural Network Out-of-Sample Performance in Exchange Rate Forecasting. In *Decision Sciences* 30 (1), pp. 197–216.
- IBM (2013): The Four V's of Big Data. Available online at <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>, checked on 4/21/2014.
- Ishwaran, Hemant; Rao, J. Sunil (2005): Spike and Slab Variable Selection. Frequentist and Bayesian Strategies. In *The Annals of Statistics* 33 (2), pp. 730–773.
- Keen, Peter G. W. (1981): Value Analysis. Justifying Decision Support Systems. In *MIS Quarterly* 5 (1), pp. 1–15.
- Keles, Dogan; Genoese, Massimo; Möst, Dominik; Ortlieb, Sebastian; Fichtner, Wolf (2013): A Combined Modeling Approach for Wind Power Feed-In and Electricity Spot Prices. In *Energy Policy* 59, pp. 213–225.
- Konrath, Susanne; Kneib, Thomas; Fahrmeir, Ludwig (2008): Bayesian Regularisation in Structured Additive Regression Models for Survival Data. Department of Statistics, Technical Report No.35, LMU Munich. Edited by LMU. Department of Statistics. Munich.
- Lett, Brian (2004): Using Business Intelligence to Gain a Competitive Edge. Stamford, CT: Gartner Press. Available online at [www.gartner.com](http://www.gartner.com).
- Ludwig, N; Feuerriegel, S; Neumann, D (2015): Putting Big Data Analytics to Work. Feature Selection for Forecasting Electricity Prices using the LASSO and Random Forests. In *Journal of Decision Systems* 24 (1), pp. 19–36.
- Malsiner-Walli, Gertraud; Wagner, Helga (2011): Comparing Spike and Slab Priors for Bayesian Variable Selection. In *Austrian Journal of Statistics* 40 (4), pp. 241–264.
- Merkert, Johannes; Mueller, Marcus; Hubl, Marvin (2015): A Survey of the Application of Machine Learning in Decision Support Systems. In : 23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015). European Conference on Information Systems.
- Mimran, Omer; Even, Adir (2014): Data Stream Mining with Multiple Sliding Windows for Continuous Prediction. In : 22nd European Conference on Information Systems (ECIS 2014).
- Misiorek, Adam; Trueck, Stefan; Weron, Rafal (2006): Point and Interval Forecasting of Spot Electricity Prices. Linear vs. Non-Linear Time Series Models. In *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics* 10 (3), pp. Article 2.
- Murphy, Kevin P. (2012): Machine Learning. A Probabilistic Perspective. Cambridge, MA: MIT Press (Adaptive Computation and Machine Learning Series).
- Polson, Nicholas G.; Scott, Steven L. (2011): Data Augmentation for Support Vector Machines. In *Bayesian Anal.* 6 (1), pp. 1–23.
- Power, Daniel J. (2014): Using 'Big Data' for Analytics and Decision Support. In *Journal of Decision Systems* 23 (2), pp. 222–228.

- Rud, Olivia Parr (2009): *Business Intelligence Success Factors. Tools for Aligning your Business in the Global Economy*. Hoboken, N.J: Wiley & Sons (Wiley & SAS Business Series).
- Scott, Steven L.; Varian, Hal R. (2013): Bayesian Variable Selection for Nowcasting Economic Time Series. In Shane M. Greenstein, Avi Goldfarb, Catherine Tucker (Eds.): *The Economics of Digitization*. Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar (International Library of Critical Writings in Economics, 280).
- Scott, Steven L.; Varian, Hal R. (2014): Predicting the Present with Bayesian Structural Time Series. In *IJMMNO* 5 (1/2), pp. 4–23.
- Shmueli, Galit (2010): To Explain or to Predict? In *Statistical Science* 25 (3), pp. 289–310.
- Shmueli, Galit; Koppius, Otto (2011): Predictive Analytics in Information Systems Research. In *MIS Quarterly* 35 (3), pp. 553–572.
- Turban, Efraim (2011): *Business intelligence. A Managerial Approach*. 2nd ed. Boston, MA: Prentice Hall.
- Urbanke, Patrick; Kranz, Johann; Kolbe, Lutz (2014): A Unified Statistical Framework for Evaluating Predictive Methods. In : 35th International Conference on Information Systems (ICIS 2014).
- Vapnik, Vladimir (1995): *The Nature of Statistical Learning Theory*. New York, NY: Springer.
- Varian, Hal R. (2014): Big Data. New Tricks for Econometrics. In *Journal of Economic Perspectives* 28 (2), pp. 3–28.
- Vizecky, Karen (2011a): A Design Theory for Knowledge Transfer in Business Intelligence. In : *Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2011)*, pp. Paper 51.
- Vizecky, Karen (2011b): Data Mining meets Decision Making. A Case Study Perspective. In : *Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2011)*, pp. Paper 453.



# The Influence of Perceived Reputation Enhancement on Wearable Action Camera Usage

Kristijan Markovic<sup>1</sup>, Anicet Kebou Temdemnou<sup>1</sup>, and Claus-Peter H. Ernst<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Frankfurt University of Applied Sciences,  
{kmarkovic | akeboutemdemnou | cernst}@fb3.fra-uas.de

## Abstract

One factor driving the recent success of wearable action cameras seems to be people's Perceived Reputation Enhancement. More specifically, people might be using these devices to enhance their reputation by sharing their recorded video clips. In this study, we empirically evaluate the influence of Perceived Reputation Enhancement on wearable action camera usage. After collecting 124 completed online questionnaires about one specific wearable action camera, GoPro HERO4 Black, and applying a structural equation modeling approach, our findings indicate that wearable action cameras are at least partly hedonic technologies whose usage is influenced by Perceived Enjoyment. Furthermore, Perceived Reputation Enhancement had a significant direct positive influence on the Behavioral Intention to Use wearable action cameras, as well as an indirect positive influence on Behavioral Intention to Use through Perceived Enjoyment. These findings suggest that wearable action camera manufacturers need to emphasize the hedonic benefits of their devices as well as promote their capacity for enhancing their users' reputation.

## 1 Introduction

Wearable action cameras have gained momentum in the marketplace over the past years. The market was forecasted to grow at a compound annual growth rate of 22.2 percent between 2014 and 2019 (Research and Markets 2015). However, the factors driving the success of these action cameras are largely unknown.

Wearable action cameras are typically used by people in order to record point-of-view shots of their sports activities (Jennings 2015). Since individuals have a need to maintain and enhance their reputation (e.g., Emler 1984; Emler and Reicher 1995), they might use the recorded clips of their performances in order to accomplish this. We thus postulate that Perceived Reputation Enhancement positively influences people's wearable action camera usage.

After collecting 124 completed online questionnaires about one specific wearable action camera, GoPro HERO4 Black, and applying a structural equation modeling approach, our findings indicate that wearable action cameras are at least partly hedonic technologies whose usage is influenced by Perceived Enjoyment. Furthermore, Perceived Reputation Enhancement had a significant direct

positive influence on Behavioral Intention to Use as well as an indirect positive influence on Behavioral Intention to Use through Perceived Enjoyment. These findings suggest that wearable action camera manufacturers need to emphasize the hedonic benefits of their devices as well as promote their capacity for enhancing users' reputation.

In the next section, we will present background information on wearable action cameras, introduce Perceived Enjoyment as an influence factor of hedonic technologies, and also present the theoretical foundations of Perceived Reputation Enhancement. Following this, we will present our research model and research design. We will then reveal and discuss our results before summarizing our findings, presenting their theoretical as well as practical implications, and providing an outlook on further research.

## **2 Theoretical Background**

### **2.1 Wearable Action Cameras**

Wearable action cameras are small-sized cameras that are typically attached to helmets, surfboards, etc., by people in order to record point-of-view shots of their sports activities (Jennings 2015). Although multiple studies have studied different aspects of wearable devices (e.g., Ariyatun et al. 2005; Bodine and Gemperle 2003; Dvorak 2008; Starner 2001), only a few studies have focused specifically on wearable action cameras.

For example, two studies have studied the capacity of wearable action cameras to improve student motivation as well as student understanding of material failure mechanisms in material science classes (McCaslin et al. 2014; McCaslin and Young 2015). Another study evaluated hand tracking and gesture recognition in action cameras' point-of-view shots (Morerio et al. 2013). However, to the best of our knowledge, no study has yet evaluated the drivers of wearable action camera usage.

### **2.2 The Role of Perceived Enjoyment on Wearable Action Camera Usage**

Sports activities provide people with hedonic benefits such as enjoyment, fun, excitement, etc. (e.g., Côté and Hay 2002; MacPhail et al. 2003; Nielsen et al. 2014; Thedin Jakobsson 2014; Vlachopoulos et al. 2000). As a result, wearable action cameras are regularly used in hedonic contexts, making them at least a partly hedonic technology.

In general, hedonic technologies "aim to provide self-fulfilling value to the user, ... [which] is a function of the degree to which the user experiences fun when using the system" (Van der Heijden 2004, 696). Various studies in a variety of contexts have consistently confirmed that Perceived Enjoyment — "the extent to which the activity of using a specific system is perceived to be enjoyable in its own right, aside from any performance consequences resulting from system use" (Venkatesh 2000, 351) — is a central antecedent of hedonic technology usage (e.g., Van der Heijden 2004). By applying these findings to our context, a person can be expected to use wearable action cameras if he/she believes that they fulfill his/her expectations with regards to their hedonic benefits such as enjoyment and excitement (e.g., Van der Heijden 2004).

### **2.3 Perceived Reputation Enhancement**

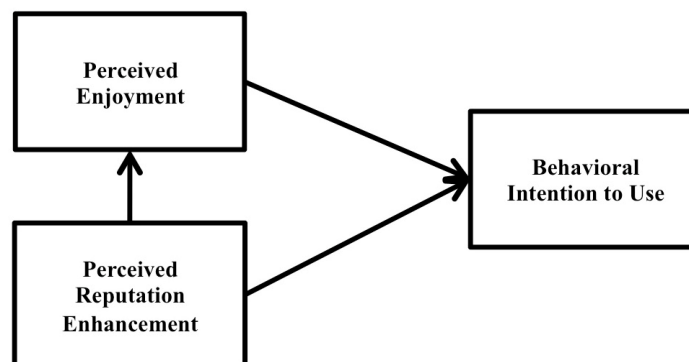
In general, people have a need to maintain and enhance their reputation (e.g., Emler 1984; Emler and Reicher 1995) — that is, other people's judgment of their talents and character, which is circulated to some degree within the social community (Emler 2013). Since reputation depends on

an individual's attributes and actions that are visible to others, people choose a specific self-image that they want to reflect and adjust their behavior accordingly (e.g., Emler 1984; Emler and Reicher 1995; cf. Carroll et al. 2001).

For example, someone who would like to appear wealthy might wear a Rolex; someone who would like to build a reputation of being generous might give money to homeless people; and someone who would like to look athletic might dress accordingly. Generally speaking, if someone believes that a certain behavior can enhance his/her intended reputation, he/she will do so. Or, in other words, Perceived Reputation Enhancement, which we describe as the extent to which a person believes that a certain behavior has positive consequences on his/her reputation, positively influences the behavior in question.

### 3 Research Model

In the following section, we will present our research model in Figure 1 and then outline our corresponding hypotheses.



**Figure 1: Research Model**

As described earlier, wearable action camera usage likely happens in fun and exciting contexts. Therefore, wearable action cameras can be seen as at least partly hedonic technologies that can provide positive feelings and experiences to their users (cf. Van der Heijden 2004). Perceived Enjoyment has been shown to be an important antecedent of hedonic technology usage (e.g., Ernst et al. 2013; Van der Heijden 2004). We hypothesize that:

*There is a positive influence of Perceived Enjoyment on the Behavioral Intention to Use<sup>1</sup> wearable action cameras (H1).*

People have a need to maintain and enhance their reputation (e.g., Emler 1984; Emler and Reicher 1995). As a result, they perform behaviors that they believe will enhance their reputation. Wearable action cameras are used by people to record shots of their sports activities (Jennings 2015). These clips can be posted to the Internet or, at the very least, shown to friends and peers. These videos of personal performances enable that person to enhance different kinds of reputations: a reputation

<sup>1</sup> In line with multiple technology acceptance studies (cf. Yousafzai et al. 2007), we did not include Actual System Use into our research model — indeed, we included only Behavioral Intention to Use. Behavioral Intention to Use is a commonly accepted mediator between people's beliefs and their actual behavior. It "capture[s] the motivational factors that influence a [person's] behavior; they are indications of how hard people are willing to try, of how much of an effort they are planning to exert, in order to perform the behavior" (Ajzen 1991, 181).

being brave, bold, athletic, etc. Consequently, Perceived Reputation Enhancement can be expected to exert a positive influence on wearable action camera usage. We hypothesize that:

*There is a positive influence of Perceived Reputation Enhancement on the Behavioral Intention to Use wearable action cameras (H2).*

Furthermore, being accepted and respected by peers is positively linked to hedonic well-being, represented by the presence of positive hedonic feelings such as enjoyment, happiness, and pleasure (e.g., Baumeister and Leary 1995). Perceived Enjoyment reflects the hedonic motivations of technology use, such as fun, enjoyment and other positive experiences and feelings (Brief and Aldag 1977; Van der Heijden 2004; Venkatesh et al. 2012). Consequently, we believe that Perceived Reputation Enhancement has a positive influence on Perceived Enjoyment in the context of wearable action camera usage. We hypothesize that:

*There is a positive influence of Perceived Reputation Enhancement on the Perceived Enjoyment of wearable action cameras (H3).*

## 4 Research Design

### 4.1 Data Collection

To empirically evaluate our research model, we collected 124 completed German-language online questionnaires about one specific wearable action camera, the GoPro HERO4 Black, between May 24 and June 8, 2015, by posting the link to the questionnaire in multiple Facebook groups and message boards focusing on action cameras as well as on the Facebook pages of two of the authors. At the beginning of the questionnaire, we gave a short description of the GoPro HERO4 Black including official images and an explanation of its general functionalities. The action camera promises users to capture 4K video at up to 30 frames per second. Furthermore, it has built-in Wi-Fi and Bluetooth that enables users to share videos/photos directly via email, Facebook, etc., and it can also connect to the accompanying smartphone and tablet app (GoPro 2015).

65 of our respondents were male (52.42 percent) and 59 were female (47.58 percent). The average age was 27.04 years (standard deviation: 9.02). 1 respondent was unemployed (0.8 percent), 7 were apprentices (5.6 percent), 9 were pupils (7.3 percent), 47 were currently employed (37.90 percent), 54 were students (43.55 percent), and 6 selected “other” as a description of themselves (4.84 percent).

### 4.2 Measurement

We adapted existing reflective scales to our context in order to measure Behavioral Intention to Use and Perceived Enjoyment. For Perceived Reputation Enhancement, we developed three of our own reflective items and consulted several researchers from our department throughout the development process. Table 1 presents the resulting reflective items with their corresponding sources. All items were measured using a seven-point Likert-type scale ranging from “strongly agree” to “strongly disagree”.

Construct	Items (Labels)	Source/Adapted from
Behavioral Intention to Use	I intend to use a GoPro <sup>2</sup> in the next 6 months (BI1)	Hu et al. (2011) Venkatesh, et al. (2003)
	In the future, I am very likely to use a GoPro (BI2)	
	I predict that I will use a GoPro in the next 6 months (BI3)	
Perceived Enjoyment	Using a GoPro is pleasant (PE1)	Davis et al. (1992)
	Using a GoPro is fun (PE2)	
	Using a GoPro is enjoyable (PE3)	
Perceived Reputation Enhancement	By using a GoPro I can enhance my reputation (PRE1)	created by ourselves
	Using a GoPro has a positive influence on my reputation (PRE2)	
	Using a GoPro helps me enhance my reputation (PRE3)	

**Table 1: Items of our Measurement Model**

## 5 Results

Since our data was not distributed joint multivariate normal (cf. Hair et al. 2011), we used the Partial-Least-Squares approach via SmartPLS 3.2.0 (Ringle et al. 2015). With 124 datasets, we met the suggested minimum sample size threshold of “ten times the largest number of structural paths directed at a particular latent construct in the structural model” (Hair et al. 2011, 144). To test for significance, we used the integrated Bootstrap routine with 5,000 samples (Hair et al. 2011).

In the following section, we will evaluate our measurement model. Indeed, we will examine the indicator reliability, the construct reliability, and the discriminant validity of our reflective constructs. Finally, we will present the results of our structural model.

### 5.1 Measurement Model

Tables 2 and 3 present the correlations between constructs along with the Average Variance Extracted (AVE) and Composite Reliability (CR), and our reflective items' factor loadings, respectively: All items loaded high (.810 or more) and significant ( $p < .001$ ) on their parent factor and, hence, met the suggested threshold of indicator reliability of .70 (Hair et al. 2011); AVE and CR were higher than .81 and .92, respectively, meeting the suggested construct reliability thresholds of .50/.70 (Hair et al. 2009). The loadings from our reflective indicators were highest for each parent factor and the square root of the AVE of each construct was larger than the absolute value of the construct's correlations with its counterparts, thus indicating discriminant validity (Fornell and Larcker 1981; Hair et al. 2011).

<sup>2</sup> We did not use the full name of the GoPro HERO4 Black or an abbreviation, but instead chose simply to refer to the camera as GoPro in both our introductory text and items.

	BI	PE	PRE
Behavioral Intention to Use (BI)	.909 (.968)		
Perceived Enjoyment (PE)	.413	.811 (.928)	
Perceived Reputation Enhancement (PRE)	.349	.429	.838 (.939)

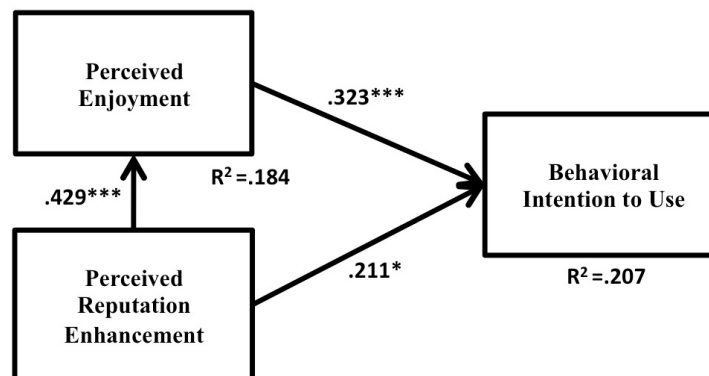
**Table 2: Correlations between Constructs [AVE (CR) on the Diagonal]**

	BI	PE	PRE
BI1	.954 (74.742)	.352	.347
BI2	.963 (106.866)	.398	.319
BI3	.942 (47.906)	.427	.333
PE1	.178	.826 (14.621)	.301
PE2	.428	.931 (51.672)	.377
PE3	.438	.940 (83.730)	.451
PRE1	.243	.320	.810 (16.405)
PRE2	.369	.446	.964 (103.234)
PRE3	.331	.398	.964 (95.177)

**Table 3: Reflective Items Loadings (T-Values)**

## 5.2 Structure Model

Figure 2 presents the path coefficients of the previously hypothesized relationships as well as the  $R^2$ s of both endogenous variables (\* =  $p < .05$ ; \*\*\* =  $p < .001$ ; ns = non-significant).



**Figure 2: Findings**

Perceived Enjoyment was found to have a significant positive influence on Behavioral Intention to Use ( $\beta = .323$ ,  $p < .001$ ), confirming hypothesis 1. Also, Perceived Reputation Enhancement was found to have a positive influence on both Behavioral Intention to Use ( $\beta = .211$ ,  $p < .05$ ) and Perceived Enjoyment ( $\beta = .429$ ,  $p < .001$ ), confirming hypotheses 2 and 3, respectively.

Our research model included two predecessors of Behavioral Intention to Use (Perceived Enjoyment and Perceived Reputation Enhancement), and one predecessor of Perceived Enjoyment (Perceived Reputation Enhancement). By taking this into account, the explanatory power of our structural model is good, since it explains 20.7 percent of the variances of Behavioral Intention to Use as well as 18.4 percent of the variances of Perceived Enjoyment.

## 6 Conclusion

In this article, we evaluated the potential influence of Perceived Reputation Enhancement on wearable action camera usage. After collecting 124 completed online questionnaires about one specific wearable action camera, GoPro HERO4 Black, and applying a structural equation modeling approach, our findings indicate that wearable action cameras are at least partly hedonic technologies whose usage is influenced by Perceived Enjoyment. Furthermore, Perceived Reputation Enhancement had a significant direct positive influence on the Behavioral Intention to Use the wearable action camera as well as an indirect positive influence on the Behavioral Intention to Use it through Perceived Enjoyment.

Our findings have important practical implications. Indeed, they suggest that wearable action camera manufacturers need to emphasize the hedonic benefits of their devices as well as to promote their capacity for enhancing their users' reputation. For example, manufacturers could ask well-known and respected athletes from different disciplines to represent their brand by using their wearable action cameras during their sports activities, in order to convince potential customers that using these devices is directly linked to acquiring a respectable reputation.

Our study has some limitations. First, our empirical findings are based on only one specific wearable action camera: GoPro HERO4 Black. Hence, the results found for this particular wearable action camera might be very different in studies that use other action cameras. Moreover, since we only surveyed German-speaking people, our results might not hold true for non-German speakers. In addition, our sample individuals were relatively young (mean: 27.04 years; standard deviation: 9.02). Hence, differences might be found for other age groups. Finally, our survey was only conducted online and, hence, excluded people that do not use the Internet (which could also explain the lack of older people in our sample).

As a next step, we plan to expand our research and address its limitations. More specifically, we want to rollout our survey to a greater number of countries around the world and with a variety of wearable action cameras in order to evaluate for potential differences between countries and devices. Also, we plan to identify and empirically evaluate additional influence factors of wearable action camera usage. For example, Perceived Health Risk could potentially be an important influence factor of wearable action camera usage. Indeed, a number of media reports have described potential injuries linked to the usage of wearable action cameras (e.g., Hu 2014). As a result, users might believe that the usage of wearable action cameras is associated with increased health risks. Hence, we want to take a closer look at the impact of perceived health risks on wearable action camera usage.

## 7 References

- Ajzen I (1991) The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2):179-211
- Ariyatun B, Holland R, Harrison D, Kazi T (2005) The Future Design Direction of Smart Clothing Development. *Journal of the Textile Institute* 96 (4):199-210
- Baumeister, RF, Leary, MR (1995) The Need to Belong: Desire For Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *Psychological Bulletin* 117 (3):497-529

- Bodine K, Gemperle F (2003) Effects of Functionality of Perceived Comfort of Wearables. In: IEEE International Symposium on Wearable Computers 2003 Proceedings
- Brief AP, Aldag RJ (1977) The Intrinsic-Extrinsic Dichotomy: Toward Conceptual Clarity. *Academy of Management Review* 2 (3):496-500
- Carroll, A, Hattie, J, Durkin, K, Houghton, S (2001) Goal-Setting and Reputation Enhancement: Behavioural Choices Among Delinquent, At-Risk and Not At-Risk Adolescents. *Legal and Criminological Psychology* 6 (2):165-184
- Côté J, Hay J (2002) Children's Involvement in Sport: A Development Perspective. In: Silva J, Stevens D (eds.) *Psychological Foundations of Sport*. Allyn & Bacon, Boston, MA, pp 484-502
- Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR (1992) Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace. *Journal of Applied Social Psychology* 22 (14):1111-1132
- Dvorak, JL (2008) *Moving Wearables into the Mainstream: Taming the Borg*. New York, NY: Springer
- Emler, N (1984) Differential Involvement in Delinquency: Toward an Interpretation in Terms of Reputation Management. In: Maher, BA, Maher, WB (eds.) *Progress in Experimental Personality Research*, Volume 13. Academic Press, New York, NY, pp 173-239
- Emler, N. (2013): La réputation comme instrument social. *Communications* 93:85-99
- Emler, N, Reicher, S (1995) *Adolescence and Delinquency: The Collective Management of Reputation*. Oxford, UK: Blackwell
- Ernst C-PH, Pfeiffer J, Rothlauf F (2013) Hedonic and Utilitarian Motivations of Social Network Site Adoption. Johannes Gutenberg University Mainz, Working Paper
- Fornell C, Larcker DF (1981) Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research* 18 (1):39-50
- GoPro (2015) HERO4 Black. <http://shop.gopro.com/EMEA/cameras/hero4-black/CHDHX-401-EU.html>. Accessed 2015-07-29
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE (2009) *Multivariate Data Analysis*. 7th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M (2011) PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice* 19 (2), 139-152
- Hu, D (2014) GoPro Falls as Camera Said Linked to Schumacher Accident. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-10-13/gopro-falls-as-camera-said-to-be-linked-to-schumacher-accident>. Accessed 2015-07-29
- Hu T, Poston RS, Kettinger WJ (2011) Nonadopters of Online Social Network Services: Is It Easy to Have Fun Yet? *Communications of the Association for Information Systems* 29 (1):441-458
- Jennings, A (2015) 10 Best GoPro and Action Cameras 2015. <http://www.techradar.com/news/photography-video-capture/cameras/gopro-generation-the-ultimate-guide-to-action-cameras-1274790>. Accessed 2015-07-29
- MacPhail A, Gorely T, Kirk D (2003) Young People's Socialisation into Sport: A Case Study of an Athletics Club. *Sport, Education and Society* 8 (2):251-267



- McCaslin, SE, Young, M, Kesireddy, A (2014) Using GoPro Hero Cameras in a Laboratory Setting. In: ASEE-GSW Conference 2014 Proceedings
- McCaslin, SE, Young, M (2015) Increasing Student Motivation and Knowledge in Mechanical Engineering by Using Action Cameras and Video Productions. *Advances in Production Engineering & Management* 10 (2):87-96
- Morerio, P, Marcenaro, L, Regazzoni CS (2013) Hand Detection in First Person Vision. In: FUSION 2013 Proceedings
- Nielsen, G, Wikman, JM, Jensen, CJ, Schmidt, JF, Gliemann, L, Andersen, TR (2014) Health Promotion: The Impact of Beliefs of Health Benefits, Social Relations and Enjoyment on Exercise Continuation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (1):66-75
- Research and Markets (2015) Global Action Camera Market 2015-2019. <http://www.researchandmarkets.com/reports/2890963/global-action-camera-market-2015-2019>. Accessed 2015-07-29
- Ringle CM, Wende S, Becker J-M (2015) SmartPLS 3. <http://www.smartpls.com>
- Starner, T (2001) The Challenges of Wearable Computing: Part 2. *IEEE Micro* 21 (4):54-67
- Thedin Jakobsson B (2014) What Makes Teenagers Continue? A Salutogenic Approach to Understanding Youth Participation in Swedish Club Sports. *Physical Education and Sport Pedagogy* 19 (3):239-252
- Van der Heijden H (2004) User Acceptance of Hedonic Information Systems. *MIS Quarterly* 28 (4):695-704
- Venkatesh V (2000) Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research* 11 (4):342-365
- Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD (2003) User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27 (3):425-478
- Venkatesh V, Thong JYL, Xu X (2012) Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly* 36 (1):157-178
- Vlachopoulos SP, Karageorghis CI, Terry PC (2000) Motivation Profiles in Sport: A Self-Determination Theory Perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 71 (4):387-397
- Yousafzai, SY, Foxall, GR, Pallister, JG (2007) Technology Acceptance: A Meta-Analysis of the TAM: Part 2. *Journal of Modelling in Management* 2 (3):281-304



# The Technological Maturity of Process Mining: An Exploration of the Status Quo in Top IS Journals

Malte Thiede<sup>1</sup> and Daniel Fürstenau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Department of Information Systems, malte.thiede@fu-berlin.de,  
daniel.fuerstenau@fu-berlin.de

## Abstract

This paper reviews top IS journals to explore the status quo of process mining as a technology. We use a three-category classification scheme that emerged from synthesizing prior maturity models from an ERP and a business analytics context. The three categories string together the organizational and system-orientated perspective and add a focus on digital services. The tentative results from screening twenty-two top IS journals show that thus far publications within these journals have dedicated attention primarily to the first category, single systems. Cross-system or cross-organizational process mining is underrepresented as well as the analysis of services with non-digital components. However, the results also suggest that process mining is on the cusp of becoming a technology that allows new insights into consumer processes by supplying business operations with detailed information to tailor the customer experience.

## 1 Introduction

We all know the feeling. You have been traveling for hours, so when you finally arrive in a new city, you really do not want to spend too much time trying to figure out how you get to your next stop. A GPS navigation device helps you out.

Process mining refers to “the idea [...] to discover, monitor and improve real processes (i.e., not assumed processes) by extracting knowledge from event logs readily available in today’s (information) systems” (van der Aalst 2011, 8). Similar to the observation at the beginning of the section, van der Aalst (2009) used the analogy of a navigation system a few years ago to point to the direction in which business process management should transform itself. He noted that process mining is a technology having the potential to create detailed process maps of the reality to serve different purposes just like a navigation system does.

Six years after, in this paper we aim to evaluate the status quo of the technology of process mining and its potentials. Prior reviews of the literature have tapped into other important aspects, such as algorithms (Tiwari et al. 2008; Yang and Su 2014) or tools (Turner et al. 2012). However, we note a gap in our field’s understanding with regards to process mining’s technological maturity, its application fields, and its link with service management. In this paper, we provide an overview of

the progress of process mining as a technology. By analogy to similar technologies, we develop a categorization scheme to determine the progress that has been made so far and we point to interesting emerging research directions.

In 2007, van der Aalst et al. mentioned three limitations of process mining: first, its dependency on log files, second, the constraints of workflow management systems (WfMS) and third, the caveat of privacy issues. To determine the current status of the technology, it is also of critical importance to re-examine what progress has been made to overcome these three limitations.

The IEEE task force on process mining (van der Aalst et al. 2012) referred to a “digital universe” offering new opportunities. With more and more non-digital artifacts becoming equipped with sensors and internet access (Yoo 2010), the number of potential log files increases and therefore also the fields of application. Whereas streaming music via the internet is a digital service as it occurs entirely online, think of the delivery of a parcel as a service with non-digital components. Postman and customer interact upon delivery. While the interaction remains offline, it is supported by an IT system, in this case a barcode scanner.

Although business models become increasingly digital (Bharadwaj et al. 2013; Eaton et al. 2015), most services today are not yet completely digital but composites of different kinds of digital and non-digital services. For the purpose of this article, we define service broadly as “the application of specialized knowledge skills through deeds, processes, and performances for the benefit of customers” (Vargo and Lusch 2004, p. 2). For instance, a customer buying an article in a web shop (digital service) receives it by a dispatching service (non-digital). According to this view, services are situated on a *continuum* between completely non-digital and completely digital ones. In the latter case (digital services), the provider firm’s knowledge is fully packed into algorithms and machines and made available in real time.

One interesting observation in this line of thought is that sensors and internet-accessing (e.g. mobile) devices constitute an additional layer on top of even non-digital services that may be exploited by process mining techniques. Although van der Aalst already advocated for using process mining as a technique to analyze *services* (van der Aalst 2011), he narrowed his focus to *web services*, rather than a more holistic service understanding, including non-digital services.

To gain deeper insight into process mining as a technology, we focus on two research questions:

1. How mature is process mining as a technology?
2. How far is the exploration of non-digital services using process mining yet?

First, several years passed since process mining was introduced as a concept. Many tools with different techniques serving different purposes have been launched. We aim at giving fellow researchers a representative overview on previous work and possibilities of process mining. Second, prior work pointed to the limitation of the dependency on log files. However, this major concern does not necessarily limit process mining to digital processes. With the increasing digitalization of non-digital artifacts (Yoo 2010), the possibilities to log non-digital processes are equally increasing. Therefore, we aim to analyze the work in this specific field of application.

This paper proceeds as follows. In the next chapter, we introduce a categorization model by melding different streams of related research on IS maturity and business analytics. Subsequently, we present the literature review method on which the classification of the current status of process mining is based. Finally, we conclude and point to future research opportunities.

## 2 Process Mining as a Technology: A Classification Model

### 2.1 Conceptual Foundations

As stated above, the main purpose of the model is to define the current status of process mining. Drawing on the field of technology management, the concept of the technology S-curve is a centerpiece to define the maturity of a technology (Christensen 2009). It is based on the idea of technology life cycles (Burgelman et al. 2009), and named after the typical shape of its graphical representation of the performance of a technology in relation to its cumulative R&D investments. The technology trend curve concept is based on the technology S-curve concept and states that the development of a technology is influenced by the development of other technologies, which leads to a stage of growth model (see Figure 1). Nolan's (1973) stages-of-growth model of the evolution of data processing is a landmark reference in this field (Solli-Sæther and Gottschalk 2010). However, later work shows that the use of budgets as a basis for a stage theory of computer development in an organization is not recommendable (Lucas and Sutton 1977).

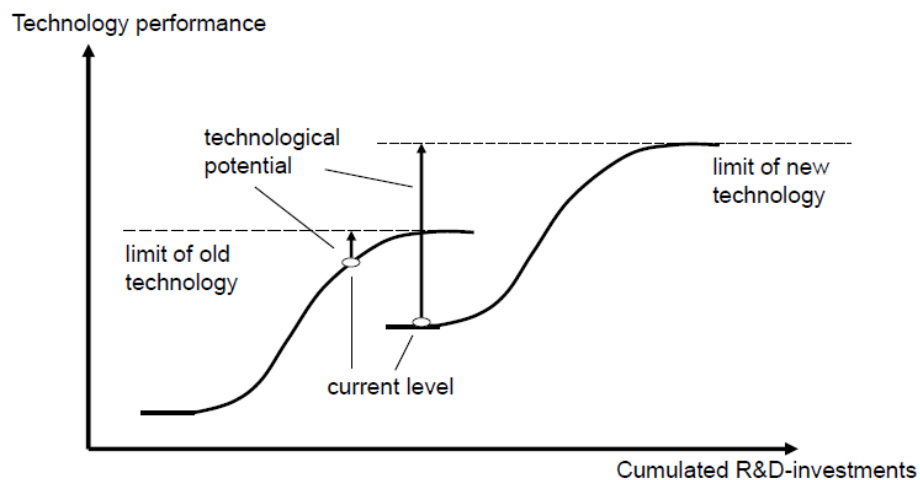


Figure 1. Principle of Technology Evolution (adapted from Baghai et al. 1999)

Thus, the model is supposed to be a stage model with a prescriptive character (Pöppelbuß and Röglinger 2011). It should support to distinguish between digital or non-digital services. Furthermore, the evolution stage of process mining shall be considered as a technology rather than a technique or application as Bruin and Rosemann (2005) argued elsewhere.

In IS research several models already exist as a base for maturity assessments (refer to Pöppelbuß et al. 2011 for an extended overview). But none of the discussed models matches the requirements in a perfect manner. Also, domain independent maturity models, such as the one by Krivograd and Fettke (2012), do not fit as they are too generic. Yet, one model that is closest to our problem domain is Holland and Light's (2001) ERP maturity model. We take it as our point of departure because process mining originated in an ERP context and as it captures the stages characterizing the introduction of a new technology in an organizational setting.

The first stage describes the beginning of an ERP introduction. Within this stage, the organization manages legacy systems. The second stage starts after the finished implementation of the ERP system. During this stage the initial scope of the ERP project is extended and other systems are adopted throughout the organization. The third stage extends the ERP transaction scope into high

value processes that include so-called satellite systems, which support new functionality and capabilities in areas such as supply chain management.

This stage model was initially created for ERP systems. It reflects the technology S-curve concept with a stage growth approach similar to the one suggested by Nolan. Used by itself, however, it has limitations. When applied to process mining, it does not allow to distinguish between digital and non-digital use, nor does it have a prescriptive character, as necessary to support researchers and practitioners in detecting under-researched application fields.

Consequently, to build digital and non-digital use into our model, we turn to a similar model by Chen et al. (2012) that has been used to classify the development of the business intelligence and analysis (BI&A) field. Their model defines three stages describing the development of business intelligence and analytics. The first phase, called 1.0, covers various legacy systems through which companies collect and store data. The second phase (2.0) is characterized by the desire to understand the customer, particularly, companies will start tracking their users. The last phase (3.0) is characterized by the increasing number of digital devices. In addition to smartphones and tablets, other sensor-based Internet-enabled devices are also opening new opportunities.

Adding this newly emerging perspective to our model gives it a prescriptive character. In contrast to Holland and Light's approach, the model also touches upon non-digital services. While Holland and Light focus on single ERP installations (technique), Chen et al. (2012) adopt a broader view (application field). A technology is neither as restricted as a technique nor as broad as an application field. And indeed, process mining is in between: As a technology, process mining is supposed to become a technique in the BI&A field. It is deeply related to ERP as it mainly uses log files from ERP systems.

The first phase of both models focuses on a single, stand-alone system. Within the second phase further integration of systems is conducted. In the case of the ERP maturity model, this phase consists of the integration of other internal information systems. The BI&A model is more customer-oriented and includes executed source code on customers' devices. The common point is that, in this stage, more than one system is included. As it is important whether process mining is used within a company or in a cross-boundary system, the stricter definition of this stage is preferable. Due to the date of the model, the BI&A model offers a much more updated version of the last phase. Besides that the view of the ERP systems maturity model scope is very limited to the organization. The scope of the third phase of the BI&A model extends above computers and also includes other devices outside the organization. This view is necessary to underpin the thesis that the potential of process mining beyond organizational boundaries is still underexplored.

## 2.2 Classification Model

As deduced in the previous section, we suggest a classification model consisting of three categories. The first category is characterized by a **single source** system within one organization. The organization has full control over the information system. Access of users outside of the organization is possible (e.g., customer browsing through a Web server).

Within the second category, process mining is still executed within one organization but in a **cross-system** manner. The process mining model shows a process running on multiple systems and is based on (merged) log files from more than one system.

The last category is **cross-organizational** process mining. This category is characterized by the use of log files from information systems outside to the focal organization. An information system can

be defined as outside of an organization when the organization has no administrative permission to access or modify the system. Process mining across such boundaries could be accomplished by the explicit supply of the log files of another organization or by the execution of an application on a device (e.g., tracing users with cookies).

Table 1 provides an overview of the identified categories. The matrix consists of two dimensions (system-oriented and organizational) and maps different approaches to process mining onto these dimensions. As a system is usually owned by one organization, we do not consider the combination of a single system across organizations. To determine the state of current approaches, we have so far put forward a two-dimensional classification scheme. In addition, to review our second main argument—the neglect of non-digital services by prior work—we also take into account the *types of services (digital or non-digital)* upon which the process is modeled.

		Organizational Perspective	
		Internal	Cross-boundary
System-oriented Perspective	Single System	Single source	-
	Multiple Systems	Cross-system	Cross-organizational

**Table 1. Classification Model to Categorize Process Mining Approaches**

### 3 Literature Review

#### 3.1 Methodological Background

We turn to an *explorative* approach to classify the current accounts of process mining that have been reported in the literature according to their technological maturity. We chose a literature analysis (Cooper 1989) as the research method. The literature analysis and synthesis can be divided into three sequential steps (vom Brocke et al. 2009; Webster and Watson 2002):

1. Collection
2. Filtering
3. Evaluation

Within the initial step, a representative collection of process mining papers was collected. For this purpose, we chose the top 20 journals of the *AIS ranking* (<http://aisnet.org/?JournalRankings>) and added four dedicated expert journals that we expected to publish work on process mining (*BPMJ*, *Expert Systems with Appl.*, *Applied Soft Computing*, and *Information Systems*).

We selected these journals because we expected them to offer a broad range of different viewpoints and approaches to process mining. We excluded book sections and practitioners' case studies as we doubted that contributions published there would meet the high-quality standards of the selected journals with respect to methodological rigor and validity of the findings. Furthermore, we wanted

to keep the analysis lean and to the point which also let us to exclude conference papers<sup>1</sup> as well as other more peripheral and practical journals.

IEEE Transactions and ACM Transaction were excluded from the list since they are a collection of different journals and the journals are ranked themselves. Nonetheless, the *IEEE Transaction on Software Engineering* is, as one of the top 20 journals, part of the considered journals. Thus, we started with a list of twenty-two top IS journals.

In the case of the *Sloan Management Review* the search was conducted for *Sloan Management Review* as well as for the successor *MIT Sloan Management Review*.

A full text search for “process mining” or “process-mining” without a temporal bracketing was executed in the databases EBSCOhost, Elsevier, Gale Cengage, IEEE Computer Society Digital Library, Palgrave and Wiley Online Library in May 2015. Due to the representative character of the review a full backward or forward search was not conducted (see limitations in section 5).

After all the papers have been collected, we assessed the relationship among each of them with our subject matter (process mining). Papers that did not mention the term “process mining” or “process-mining” within the text but just, for example, within the author’s profile or the references were excluded, as well as those that were clearly distanced from process mining. Purely theoretical and conceptual papers without a practical element were left out, too.

Finally, the remaining papers (i.e. the presented application therein) were coded into the categories of the process mining maturity model. Due to the artificial nature of simulation works and therefore, an absence of unexpected challenges, papers evaluating their conceptual model with a simulation were classified as “single system”. Additionally, we coded the type of service that the process supports as “digital” or “non-digital”.

### 3.2 Results

Our first search step resulted in 148 papers from 14 journals (see Table 2). Most of them were published in *Exp. Syst. with Appl.*, *Information Systems*, *Decision Support Systems*, and *BPMJ*.

Within the next step, we excluded papers in which process mining was mentioned only in the references (14), the authors’ profile description (4) or in the outlook or papers that strongly dissociated from process mining. Fifteen of the results were lists with titles of scientific contributions, editorial notes or tables of content. Surprisingly in six papers, which came up when searching the databases, process mining has not even been mentioned at all.

---

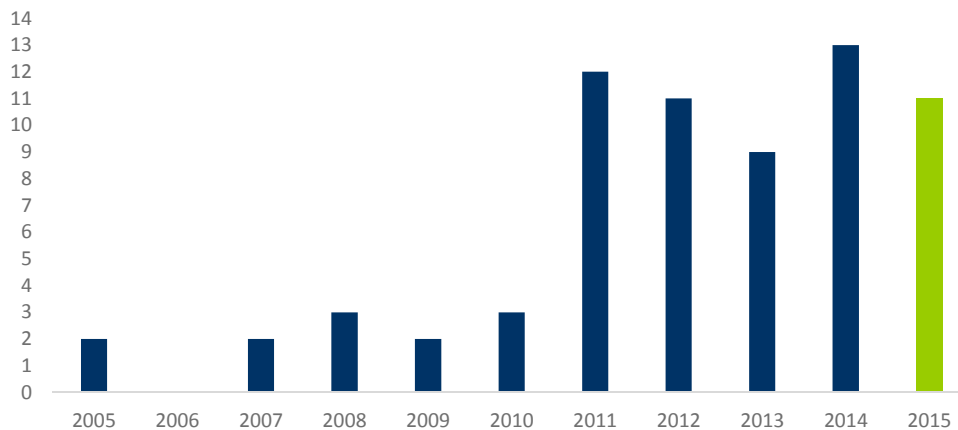
<sup>1</sup> While we acknowledge that our focus on these top IS journals is a limitation, we have chosen this approach as a starting point for three reasons. First, top-tier journals are a field’s most quality-assured outlets (see for instance the mission statements of MISQ or ISR). Thus, focusing on these journals provides an opportunity to see what approaches have moved one step beyond the initial idea generation and prototyping phase; and thus have itself gained maturity. Second, starting at conference proceedings could tilt the analysis towards approaches that have actually never reached broader audiences. Thus, one may create a bias towards contributions within a very specialized target community. Third, as conference contributions often speak to very specialized audiences, in this case the process mining community, one may find tendencies towards pigeon-holing and sticking around dominant ideas without actually disseminating and challenging these ideas in and with broader communities (Corley and Gioia 2011; Weick 1996). In all, our argument is thus also on the advantages of our sample selection as an opportunity to go beyond process mining’s impact beyond very specialized but broader communities in IS.



Journal Name	Hits	Journal Name	Hits
<i>ACM Trans. on Database Systems</i>	0	<i>Information and Management</i>	0
<i>AI Magazine</i>	1	<i>Information Systems Research</i>	1
<i>Artificial Intelligence</i>	1	<i>Journal of Comp. and System Sciences</i>	0
<i>Communications of the AIS</i>	3	<i>Journal of Management IS</i>	0
<i>Communications of the ACM</i>	2	<i>Mgmt. Science</i>	0
<i>Decision Sciences</i>	0	<i>MIS Quarterly</i>	2
<i>Decision Support Systems</i>	30	<i>Sloan Mgmt. Review</i>	0
<i>European Journal of IS</i>	1	<i>Applied Soft Computing</i>	1
<i>Harvard Business Review</i>	0	<i>BPM Journal</i>	16
<i>IEEE Software</i>	4	<i>ESWA (Exp. Syst. with Appl.)</i>	41
<i>IEEE Trans. on Software Eng.</i>	5	<i>Information Systems</i>	40
<i>Total</i>			148

**Table 2. Results of the Literature Search**

In the next iteration all papers were checked if they consist of an empirical case study. Two papers could be classified as purely theoretical papers without any application part (Lombardi and Milano 2010; van der Aalst 2012). Figure 2 shows the remaining 68 papers and their distribution over time (complete list available upon request from the authors).



**Figure 2. Chronological Overview**

These papers were analyzed and classified using the maturity model. Early work was based mostly on event logs of a single ERP or workflow management systems (e.g. Ceglowski et al. 2005; van der Aalst 2006; Ciccio et al. 2015), and most contributions still do (see Figure 3).

Some other papers use a simulation to demonstrate the contribution (Ghattas et al. 2014; Ribarsky et al. 2014). Papers from the second category use different sourcing systems to demonstrate the application of standardized data exchange (e.g. Lau et al. 2009) or to track processes across or even outside of a single IT system (e.g. Wen et al. 2015). Three papers (Clae and Poels 2014; Engel and Bose 2014; Zeng et al. 2013) that concern cross-organizational process mining were recently published. They focus on the possibility of mining processes across organizations using different methods. Very few papers focus on non-digital services. Zhou and Pirauthu's paper tracks the

movements of patients using RFID technology (Zhou and Piramuthu 2010). Wen et al. (2015) demonstrate the use of pattern recognition within smart environments.

Figure 3 shows the result by category. On the y-axis we can see the category of the process mining approach from single systems up to cross-organizational ones. The x-axis of the diagram is the time axis, starting in 2004. The size of the bubble represents the number of published papers within this category and year. The bluish bubbles represent the paper concerning non-digital services. The green bubbles refer to papers concerning digital services.

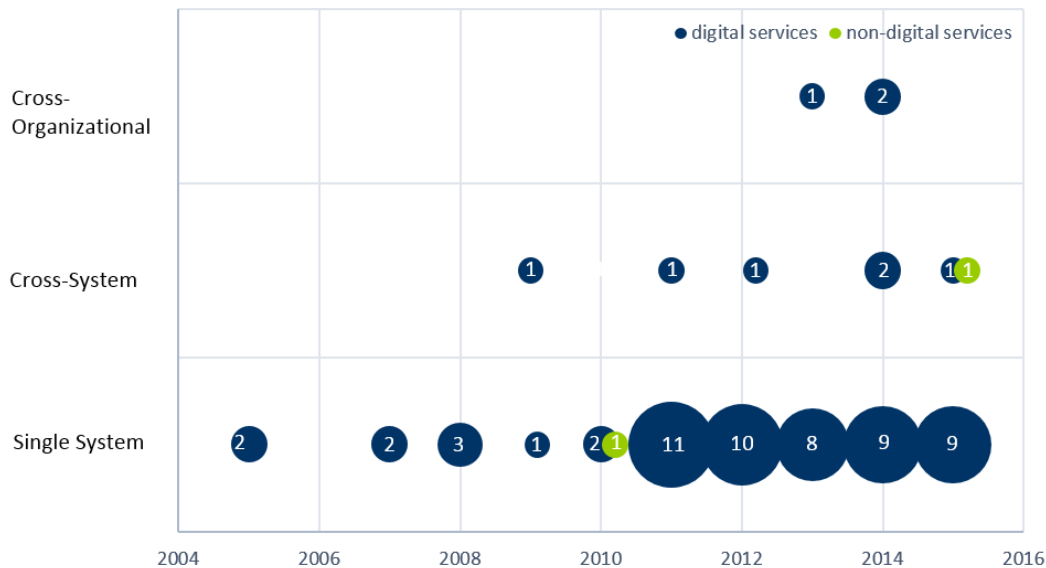


Figure 3. Results by Category

## 4 Discussion

The first result of the review is that process mining is still a niche topic. Except for *Decision Support Systems* all journals of the AIS top 20 basket have published less than five papers on the topic. In specialized journals, process mining is much more prominent. This fact indicates that the potential of process mining and its relevance for broader IS audiences has not yet been realized.

Although our analysis was explorative in nature, the results indicate that most papers focus on problems in a simple information system environment. Over 80% of the papers in scope belong to the first category. Also the increasing number of papers in total and especially in the first category show that its potential does not come close to being reached. Due to the different formats for storing log files it is difficult to use several tools in combination or to model processes across different information systems (Dongen et al. 2005). The first papers in the second and even the third category indicate that under certain conditions the focus can be extended and more complex scenarios can be modeled using process mining.

Usually processes are not limited onto one system but information travels across several systems. Therefore an end-to-end perspective is necessary (Maddern et al. 2013). The dependence of today's processes on information systems provides interesting opportunities for process mining. For example, redundant tasks in different information systems can be explored by modeling processes across several systems. Also dependencies become easier to spot because with classical process analysis methods the model always shows the reality of the source but not as it is. The more complex

processes become, the greater the advantage of models generated by process mining. This result is consistent with the challenges that have been noted by the IEEE task force (van der Aalst 2012).

Besides the under-explored problems of process mining across several systems or organizations, process mining has hardly been tested in settings with non-digital services. Although Zhou and Piramuthu (2010) and Wen et al. (2015) have shown the applicability and use of process mining in this area, the field remains largely unexplored. These two examples can be seen as a call for service management researchers to use process mining to explore consumer processes. While not directly referring to “process mining”, further examples from related research areas such as service analytics (Fromm et al. 2012; Hottum et al. 2015) reinforce the urgency to advance process mining in interorganizational service contexts. Especially given that, with the service dominant logic (Vargo and Lusch 2004), consumer processes get more important and it becomes essential to know them.

As one example, within the field of mobility services process mining can offer a new dimension of knowledge about the consumer processes. With traditional analyzing methods a provider of a public transport system will usually just know the number of people getting in and out of a vehicle (Vincente et al. 2009) or their departure and arrival station (Lathia et al. 2010). Public Wifi, which is an increasingly available service of public transport providers, offers the opportunity to track and trace consumer through the system. As a result of such an analysis, the provider gets several important pieces of information about the consumer, like the exact route the consumer is using, his use of additional local service like a coffee shop and the locations the consumer is spending time to wait. This information can be used to improve the consumer experience.

Other services such as the flight of a passenger can be modeled, based on log files recorded at the booking portal, the check-in, security gate, boarding gate, etc. Such consumer process models offer several new insights and opportunities to increase not just the efficiency but also the effectiveness (Gersch et al. 2011; Vukšić et al. 2013). In particular, as a service provider cannot generate value by itself but only in cooperation with the consumer (Vargo and Lusch 2004). Therefore, a service provider needs to know and tailor the consumers’ processes. Customization of processes means that they become more flexible and as a result more complex. In turn this makes it difficult to analyze and manage the processes without process mining.

## 5 Summary and Outlook

This paper remarked that the technology of process mining is still in an early stage. We found that previous research has often focused on (too) simplified systems and sandbox scenarios. Yet, due to improvements of process mining techniques, first works began to explore more complex problems such as mining processes across systems or organizations or integrating sensor-based internet-enabled devices. Beyond determining the state-of-the-art in process mining, this paper aimed at pointing to possible paths that process mining research could pursue. Considering the results we have obtained, we call for (a) mining processes across systems and organizations as well as (b) applying process mining to non-digital services.

Zeng et al. (2013) have demonstrated the feasibility of cross-organizational process mining, yet, our results also show that such approaches are underrepresented. Due to the importance of an end-to-end view on processes, cross-system or even cross-organizational process mining offers great potentials. It allows a real-time process monitoring and analysis going beyond the oversimplified assumption that processes stay inside-the-box of one system. Similar to cross-organizational process mining, non-digital services have also been underrepresented. As discussed above, here lies

a tremendous potential for research that investigates techniques to log non-digital processes and to use these techniques for different processes. As the Web 2.0 is considered a “gold mine for understanding customers’ needs and identifying new business opportunities” (Chen et al. 2012), process mining has the potential to provide similar insights for not yet digital services.

Extending our work, a logical next step would be an exhaustive and less constrained review of the literature to identify further articles in specialized process mining outlets and conference proceedings (e.g. BPM, CAiSE, and PETRI NETS). More general, explorative and unforeseen insights may arise as process mining is a relatively young discipline and journal publication usually takes time. We, however, also pursued the objective to reflect what has made it to the fields’ top IS journals to see how legitimate the field is itself from a broader IS perspective.

After all, our contribution was to show that techniques to use process mining in a cross-system or cross-organizational environment have yet to be designed to explore their potential. Additionally, we call for empirical demonstrations of process mining for non-digital services taking into account the increasing availability of sensor data and data produced by digital devices (e.g. GPS positions from mobile phones). We wish that with the increasing applicability, process mining will receive more attention from different disciplines, for example marketing, to gain new insights into the customer processes, and BI&A to calculate the costs and revenues in a more detailed way. And with that, process mining will hopefully also become more prominent in major IS journals.

## 6 References

- Baden-Fuller C, Mangematin V (2013) Business Models: A Challenging Agenda. *Strategic Organization* 11(4):418–427
- Baghai M, Coley S, White D (1999) *Die Alchimie des Wachstums: Die McKinsey-Strategie für nachhaltig profitable Unternehmensentwicklung*. Econ, München
- Bharadwaj A, El Sawy OA, Pavlou PA, Venkatraman N (2013) Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MISQ* 37(2):471–482
- Benioff M (2012) *The Social Revolution: Wie Sie aus Ihrer Firma ein aktiv vernetztes Unternehmen und aus Ihrem Kunden Freunde fürs Leben machen*. In: Stadler R, Brenner W, Herrmann A (Hrsg) *Erfolg im digitalen Zeitalter*. Frankfurter Allg. Buch, Frankfurt/Main
- Bruin T. de, Rosemann M (2005) Towards a Business Process Management Maturity Model. In: *ECIS 2005 Proceedings*
- Burgelman, RA, Christensen CM, Wheelwright, SC (2009) *Strategic management of technology and innovation*, 5. Auflage, McGraw-Hill Irwin, Boston
- Ceglowski A, Churilov L, Wasserheil J (2005) Knowledge Discovery through Mining Emergency Department Data. In: *HICSS 2005 Proceedings*
- Chen H, Chiang R, Storey V (2012) Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact, *MIS Quarterly* 36(4):1165–1188
- Christensen CM (2009) Exploring the Limits of the Technology S-Curve: component Technologies. In: Burgelman RA, Christensen CM, Wheelwright SC (Hrsg) *Strategic Management of Technology and Innovation*. McGraw-Hill, Irwin, Boston
- Ciccio CD, Maggi FM, Mendling J (2015) Efficient discovery of Target-Branched Declare constraints. *Information Systems* (forthcoming)

- Claes J, Poels G (2014) Merging event logs for process mining: A rule based merging method and rule suggestion algorithm. *Expert Systems with Applications* 41(16):7291–7306
- Cooper H (1988) Organizing Knowledge Syntheses: A Taxonomy of Literature Reviews. *Knowledge in Society*, 1(1):104–126
- Corley K, Gioia D (2011) Building theory about theory building: What constitutes a theoretical contribution? *AMR* 36(1):12–32
- Dongen, B.F. van, Alves de Medeiros AK, Verbeek HMW, Weijters T, van der Aalst W (2005) The ProM Framework: A New Era in Process Mining Tool Support. In: Hutchison D, Kanade T, Kittler J, Kleinberg JM et al. (Hrsg) *Applications and Theory of Petri Nets 2005*. Springer, Berlin
- Eaton B, Elaluf-Calderwood S, Sorensen C, Yoo Y (2015) Distributed Tuning of Boundary Resources: The Case of Apple's iOS Service System. *MISQ* 39(1):217–243.
- Engel R, Bose RPJC (2014) A Case Study on Analyzing Inter-organizational Business Processes from EDI Messages Using Physical Activity Mining. In: *HICSS 2014 Proceedings*
- Fromm H, Habryn F, Satzger G (2012) Service Analytics – Leveraging Data across Enterprise Boundaries for Competitive Advantage. In: Bäumer U, Kreutter P, Messner W. (Hrsg), *Globalization of Professional Services*. Springer, Berlin. 139–149
- Gersch M, Hewing M, Schöler B (2011) Business Process Blueprinting: A enhanced view on process performance. *Business Process Management Journal* 17(5):732–747
- Ghattas J, Soffer P, Peleg M (2014) Improving business process decision making based on past experience, *Decision Support Systems* 59(3):93–107
- Holland CP, Light B (2001) A stage maturity model for enterprise resource planning systems use. *ACM SIGMIS Database* 32(2):24–45
- Hottum P, Satzger G, Hackober C, Schäfer B (2015) Analytics Approach to Measuring Customer Contribution in Service Incident Management. In: *24th Frontiers in Service Conf*. San José, USA
- Krivograd N, Fettke P (2012) Development of a Generic Tool for the Application of Maturity Models--Results from a Design Science Approach. In: *HICSS 2012 Proceedings*
- Lathia N, Froehlich J, Capra L (2010) Mining Public Transport Usage for Personalised Intelligent Transport Systems. In: *IEEE 10th Int. Conference on Data Mining (ICDM)*, Sydney, Australia
- Lau H, Ho G, Chu KF, Ho W, Lee C (2009) Development of an intelligent quality management system using fuzzy association rules, *Expert Systems with Applications* 36(2):1801–1815
- Lombardi M, Milano M (2010) Allocation and scheduling of Conditional Task Graphs, *Artificial Intelligence* 174(7-8):500–529.
- Lucas H, Sutton J (1977) The Stage Hypothesis and the S-Curve: Some Contradictory Evidence, *Communications of the ACM* 20(4):254–259
- Maddern H, Smart PA, Maull RS, Childe S (2013) End-to-end process management: implications for theory and practice, *Production Planning & Control* 25(16):1303–1321
- Nolan R (1973) Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis. *Communications of the ACM* 16(7):399–405
- Pöppelbuß J, Niehaves B, Simons A, Becker J (2011) Maturity Models in Information Systems Research: Literature Search and Analysis. *Communications of the AIS* 29(Article 27)
- Pöppelbuß J, Röglinger M (2011) What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in BPM. In: *ECIS 2011 Proceedings*
- Ribarsky W, Wang DX, Dou W, Tolone WJ (2014) Towards a Visual Analytics Framework for Handling Complex Business Processes. In: *HICSS 2014 Proceedings*

- Solli-Sæther H, Gottschalk P (2010) The Modeling Process for Stage Models. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* 20(3):279–293
- Tiwari A, Turner CJ, Majeed B (2008) A review of business process mining: state-of-the-art and future trends", *Business Process Management Journal* 14(1):5–22
- Turner CJ, Tiwari A, Olaiya R, Xu Y (2012) Process mining: from theory to practice. *Business Process Management Journal* 18(3):493–512
- van der Aalst W (2006) Matching observed behavior and modeled behavior: An approach based on Petri nets and integer programming. *Decision Support Systems* 42(3):1843–1859
- van der Aalst W (2009) TomTom for BPM (TomTom4BPM). In: Hutchison D, Kanade T, Kittler J et al. (Hrsg) *Advanced Information Systems Engineering*. Springer, Berlin
- van der Aalst W (2011a) *Process mining: Discovery, conformance and enhancement of business processes*. Springer, Berlin
- van der Aalst W (2011b) Service Mining: Using Process Mining to Discover, Check, and Improve Service Behavior. *IEEE Transaction on Service Computing* 6(4):525–535
- van der Aalst W (2012) Process Mining: Making Knowledge Discovery Process Centric. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter* 13(2):45–49
- van der Aalst W, Adriansyah A, Alves de Medeiros AK et al. (2012) Process Mining Manifesto. In: van der Aalst W, Mylopoulos J, Rosemann M, Shaw M, Szyperski C, Daniel F, Barkaoui K, Dustdar S (Hrsg) *Business Process Management Workshops*. Springer, Berlin
- van der Aalst W, Reijers H, Weijters T et al. (2007) Business process mining: An industrial application. *Information Systems* 32(2007):713–732
- Vargo S, Lusch R (2004) Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing* 68(1):1–17
- Vicente AG, Munoz IB, Molina PJ, Galilea J (2009) Embedded Vision Modules for Tracking and Counting People, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 58(9):3004–3011
- vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, Reimer K, et al. (2009) Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigor in Documenting the Literature Search Process. In: *ECIS 2009 Proceedings*
- Vukšić VB, Bach MP, Popović A (2013) Supporting performance management with business process management and business intelligence: A case analysis of integration and orchestration, *International Journal of Information Management* 33(4):613–619
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Q* 26(2):XIII–XXIII.
- Weick KE (1996) Drop Your Tools An Allegory for Organizational Studies. *ASQ* 41(2):301–313.
- Wen J, Zhong M, Wang Z (2015) Activity recognition with weighted frequent patterns mining in smart environments. *Expert Systems with Applications* 42(17-18):6423–6432
- Williams K, Chatterjee S, Rossi M (2008) Design of emerging digital services: a taxonomy. *European Journal of Information Systems* 17(5):505–517
- Yang W, Su Q (2014) Process mining for clinical pathway: Literature review and future directions. In: *11th Int. Conf. on Service Systems and Service Management (ICSSSM) Proceedings*. Beijing
- Yoo Y (2010) Computing in Everyday Life. *MIS Quarterly* 34(2):213–231
- Zeng Q, Sun S, Duan H, Liu C, Wang H (2013) Cross-organizational collaborative workflow mining from a multi-source log. *Decision Support Systems* 54(3):1280–1301
- Zhou W, Piramuthu S (2010) Framework, strategy and evaluation of health care processes with RFID, *Decision Support Systems* 50(1):222–233

# Social Network Sites: The Influence of the Number of Friends on Social Capital

Jessica Wimmer<sup>1</sup>, Claus-Peter H. Ernst<sup>2</sup>, Sebastian Herrmann<sup>1</sup>, and Franz Rothlauf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Johannes Gutenberg-Universität Mainz, {j.wimmer | s.herrmann | rothlauf}@uni-mainz.de

<sup>2</sup> Frankfurt University of Applied Sciences, cernst@fb3.fra-uas.de

## Abstract

Some studies suggest that Social Network Site (SNS) usage can have a positive influence on Social Capital. However, it remains unclear which specific usage aspects are the reason for this potential influence. We postulate a positive influence of the Number of SNS Friends on two specific aspects of Social Capital: Bonding Capital and Bridging Capital. After surveying 161 Facebook users, we were able to confirm both relationships. Overall, our findings suggest that SNS members can increase their Social Capital by having as many as possible SNS friends. However, our findings also suggest that other influence factors might play a greater role.

## 1 Introduction

*Social Capital* is the contextual complement of human capital. While the latter refers to personal ability, *Social Capital* refers to opportunity. More specifically, “returns to intelligence, education, and seniority depend in some part on a person's location in the social structure of a market or hierarchy” (Burt 1997, p. 339).

Social Network Sites (SNSs) like *Facebook* provide social functionalities and can be seen as an online-representation of real-world social structures (cf. Boyd and Ellison 2007). Some studies suggest that SNS usage can have a positive influence on users' *Social Capital* (e.g., Ellison et al. 2007). However, it remains unclear which specific usage aspects are the reason for this potential influence.

In this study, we postulate a positive influence of the *Number of SNS Friends* on two specific aspects of *Social Capital*: *Bonding Capital* and *Bridging Capital* (Putnam 2000). While the first one refers to personal opportunities given by rather close and emotionally intense contacts (e.g., those to family members), the latter one derives from relationships that are weak and that build a bridge between the communities of two individuals.

After surveying 161 *Facebook* users via an online questionnaire and applying a structural equation modeling approach, we were able to confirm that the *Number of SNS Friends* has a positive influence on both *Bridging Capital* and *Bonding Capital*. These findings suggest that SNS members can increase their *Social Capital* by having as many as possible SNS friends. However, our findings

also suggest that there might be other factors that contribute stronger to SNS members' *Bridging* and *Bonding Capital* such as the frequency and quality of the SNS members' interaction (Granovetter 1992).

In the next section, we introduce *Social Networks*, *Social Capital*, and *Social Network Sites*. Following this, we present our research model and research design. We then reveal and discuss our results before summarizing our findings, presenting their theoretical as well as practical implications, and providing an outlook on further research.

## 2 Theoretical Background

### 2.1 Social Networks

Social networks are omnipresent in our everyday lives. They are "... an organized set of people that consists of two kinds of elements: human beings and the connections between them". The connections "... can be ephemeral or lifelong; they can be casual or intense; they can be personal or anonymous" (Christakis and Fowler 2009, p. 16).

This attribute of connections is often referred to as *tie strength*, which is the significance or intensity of relationships (Aral and Walker 2014). Granovetter (1973) distinguishes between *strong* and *weak ties*, and the strength can be judged upon by four criteria: the *amount of time* that two people spend together, the degree of *emotional intensity*, the intensity of *mutual trust* and *reciprocal services*. A characteristic of social networks is that strong ties mostly exist between members of a clustered community. In contrast, weak ties build bridges between these communities.

### 2.2 Social Capital

The concept of *Social Capital* postulates that the cultivation of personal relationships leads to benefits (such as job opportunities) for the involved persons (Lin 2008). There are two major perspectives in literature on *Social Capital*. First, the focus of the *system-oriented approach* is on how groups accumulate *Social Capital* as a *collective good*. For example, Putnam (1995, pp. 664f) describes it as "features of social life—networks, norms, and trust—that enable participants to act together more effectively to pursue shared objectives".

Second, the *actor-oriented approach* analyzes *Social Capital* as an individual good. For example, Bourdieu (1986, p. 249) describes it as "the aggregate of the actual or potential resources which are linked to possession of a durable network of more or less institutionalized relationships of mutual acquaintance and recognition—or in other words, to membership in a group—which provides each of its members with the backing of the collectivity-owned capital, a 'credential' which entitles them to credit, in the various senses of the word". Since the objective of this study is to explain the *Social Capital* of distinct individuals, we refer to the actor-oriented approach in the following.

In the previous subsection, we introduced the classification into strong and weak ties in social networks (Granovetter 1973). Putnam (2000) draws an analogous distinction of two forms of social capital: *Bonding* and *Bridging Social Capital*. While *Bonding Capital* refers to personal opportunities given by rather close and emotionally intense contacts (e.g. those to family members), *Bridging Capital* derives from relationships that are weak and that build a bridge between the communities of two individuals.



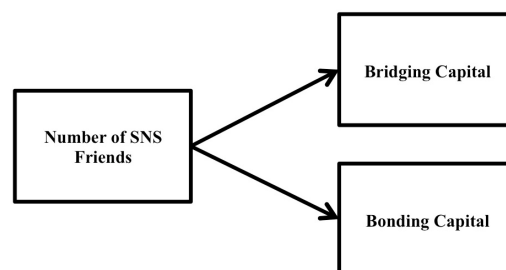
### 2.3 Social Network Sites

Social Network Sites (SNSs) like *Facebook* have been gaining momentum and attracting a large amount of users. Boyd and Ellison (2007, p. 211) defines them as “web-based services that allow individuals to (1) construct a public or semi-public profile within a bounded system, (2) articulate a list of other users with whom they share a connection [regularly referred to as SNS friends], and (3) view and traverse their list of connections and those made by others within the system”. Furthermore, SNSs regularly provide multiple additional functionalities to their members such as *posting messages* that all SNS friends can see, *sending private messages* that only the receiver is able to read, or *chatting* (Raacke and Bonds-Raacke 2008; Subrahmanyam et al. 2008; Bonds-Raacke and Raacke 2010). Summarizing, SNSs can be seen as an online-representation of real-world social networks (cf. Boyd and Ellison 2007).

During the last years, SNSs have been a popular topic in various research streams. For example, multiple studies had a look at factors driving their usage (e.g., Alarcón-del-Amo et al. 2012; Ernst et al. 2013) or privacy risks arising due to the usage (e.g., Krasnova et al. 2010; Ernst 2014). Although some studies suggest that SNS usage can have a positive influence on members’ social capital (e.g., Ellison et al. 2007), it remains unclear which specific usage aspects are the reason for this potential influence.

## 3 Research Model

In this section, we present our research model in Figure 1 and then outline our corresponding hypotheses.



**Figure 1: Research Model**

*Bridging Capital* is all about a person’s weak ties (cf. Putnam 2000; Granovetter 1973). Without necessarily being close to someone, people can use their loose contacts, i.e., people with whom they have no intense but only a casual relationship (cf. Christakis and Fowler 2009), to spread information fast and effectively (cf. Granovetter 1973), even between communities Putnam (2000).

SNSs provide their members with functionalities that enable them to post messages that all their SNS friends are able to see (Raacke and Bonds-Raacke 2008; Subrahmanyam et al. 2008; Bonds-Raacke and Raacke 2010). Regularly, also the friends of the member’s friends can see these messages. As a result, having many SNS friends enables a member to reach many receivers with his/her posts. In other words, having more SNS friends potentially increases a member’s *Bridging Capital*. We hypothesize that:

**H1:** *A SNS member’s number of SNS friends positively influences his/her Bridging Capital.*

*Bonding Capital* is all about a person's strong ties, i.e., personal opportunities given by close and emotionally intense relationships (such as with family members) (cf. Putnam 2000; Granovetter 1973). SNSs provide their members with functionalities that enable them to foster their close friendships, e.g., through sending private messages or chatting (Raacke and Bonds-Raacke 2008; Subrahmanyam et al. 2008; Bonds-Raacke and Raacke 2010). However, in order to be able to foster a relationship within an SNS, a member needs to have the corresponding person in his/her friends list. In other words, having more SNS friends potentially increases a member's *Bonding Capital*. We hypothesize that:

**H2:** *A SNS member's number of SNS friends positively influences his/her Bonding Capital.*

## 4 Research Design

### 4.1 Data Collection

To empirically evaluate our research model, we surveyed German-speaking users of Facebook between August 4 and August 23, 2014, by posting the link to the online questionnaire in multiple Facebook groups as well as on the Facebook page of one of the authors. In this manner, we obtained 161 complete online questionnaires. 57 respondents were male (35.4 percent) and 104 were female (64.6 percent). 5 respondents were under 18 years old (3.1 percent), 123 were between 18 and 29 years old (76.4 percent), 29 were between 30 and 45 years old (18 percent), and 4 were between 46 and 60 years old (2.5 percent). 2 respondents were unemployed (1.2 percent), 7 were apprentices (4.3 percent), 6 were pupils (3.7 percent), 61 were in employment (37.9 percent), 83 were students (51.6 percent), and 2 selected "other" as a description of themselves (1.2 percent).

### 4.2 Measurement

For *Bridging Capital* and *Bonding Capital*, we used existing and well-established reflective items and scales (Williams 2006); *Number of SNS Friends* was measured directly. Table 1 presents the resulting items with their corresponding sources. *Bridging* and *Bonding Capital* were measured using a seven-point Likert-type scale ranging from "strongly agree" to "strongly disagree" and the *Number of SNS Friends* question was open.

## 5 Results

Since our data was not distributed joint multivariate normal (cf. Hair et al. 2011), we used the *Partial-Least-Squares* approach via *SmartPLS* 3.1.3 (Ringle et al. 2015). With 161 datasets, we met the suggested minimum sample size threshold of "ten times the largest number of structural paths directed at a particular latent construct in the structural model" (Hair et al. 2011, p. 144). To test for significance, we used the integrated *Bootstrap* routine with 5,000 samples (Hair et al. 2011).

Construct	Items (Labels)	Source/ adapted from
Bridging Capital	Interacting with people on Facebook makes me feel connected to the bigger picture (BRI1)	Williams (2006)
	Interacting with people on Facebook makes me feel like part of a larger community (BRI2)	
	Interacting with people on Facebook reminds me that everyone in the world is connected (BRI3)	
Bonding Capital	There are several people on Facebook I trust to help solve my problems (BON1)	Williams (2006)
	There is someone on Facebook I can turn to for advice about making very important decisions (BON2)	
	When I feel lonely, there are several people on Facebook I can talk to (BON3)	
Number of SNS Friends	Approximately how many Facebook friends do you have? (NOF1)	direct measurement

**Table 1: Items of our Measurement Model**

In the following, we will first evaluate our measurement model. Indeed, we will examine the *content validity*, *indicator reliability*, *construct reliability*, and *discriminant validity* of our constructs. Finally, we will present the results of our structural model.

### 5.1 Measurement Model

For *Bridging* and *Bonding Capital* we used common construct definitions and proven items of former studies. Hence, we assume that both constructs as well as their reflective measurements are both representative and comprehensive, thus suggesting their *content validity* (cf. Moon and Kim 2001).

Tables 2 and 3 present the correlations between constructs together with the *Average Variance Extracted* (AVE) and *Composite Reliability* (CR), and our reflective items' factor loadings, respectively: All reflective items loaded high (.734 or more) and significant ( $p < .01$ ) on their parent factor and, hence, met the suggested threshold of *indicator reliability* of .70 (Hair et al. 2011); AVE and CR were higher than .636 and .839, respectively, meeting the suggested *construct reliability* thresholds of .50/.70 (Hair et al. 2009). The loadings from our reflective indicators were highest for each parent factor and the square root of the AVE of each construct was larger than the absolute value of the construct's correlations with its counterparts, thus indicating *discriminant validity* (Fornell and Larcker 1981; Hair et al. 2011).

	BON	BRI	NOF
Bonding Capital (BON)	.637 (.840)		
Bridging Capital (BRI)	.351	.764 (.906)	
Number of SNS Friends (NOF)	.159	.227	-

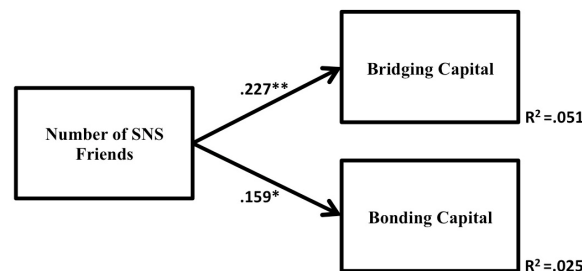
**Table 2: Correlations Between Constructs (AVE (CR) on the Diagonal)**

	BON	BRI	NOF
BON1	.757 (4.68)	.188	.106
BON2	.851 (6.45)	.223	.142
BON3	.794 (5.09)	.423	.129
BRI1	.364	.933 (13.19)	.218
BRI2	.302	.940 (14.65)	.202
BRI3	.246	.734 (5.98)	.170
NOF1	.159	.227	1.0 (-)

**Table 3: Reflective Items' Loadings (T-Values)**

## 5.2 Structural Model

Figure 2 presents the path coefficients of the previously hypothesized relationships as well as the  $R^2$ s of both endogenous variables (\*\* =  $p < .01$ , \* =  $p < .05$ ). *Number of SNS Friends* was found to have a positive influence on both *Bridging Capital* ( $\beta = .227$ ,  $p < .01$ ) and *Bonding Capital* ( $\beta = .159$ ,  $p < .05$ ), confirming hypotheses 1 and 2, respectively. However, the explanatory power of our structural model is weak since it only explains 5.1 percent and 2.5 percent of the variances of *Bridging* and *Bonding Capital*, respectively.



**Figure 2: Findings**

## 6 Discussion

Although we were able to confirm both of our postulated relationships, our findings also suggest that there are other factors contributing to SNS members' *Bridging* and *Bonding Capital*. More specifically, our study explained only 5.1 percent and 2.5 percent of the constructs' variances, leaving 94.9 percent and 97.5 percent unexplained. Indeed, other studies suggest that the interaction patterns between SNS members with regards to frequency and quality might also play an important role for their *Social Capital* (Granovetter 1992).

However, it is not surprising that the *Number of SNS friends* is able to explain a greater part of *Bridging Capital*'s variance than of *Bonding Capital*'s. More specifically, SNS friends are regularly added based on real-life contacts (Ross et al. 2009). As a result, SNSs might be only one additional possibility for members to foster their close friendships, contributing consistently only marginally to their *Bonding Capital*. In contrast, whereas people have to go through some effort to reach all their weak ties in real-life to spread their information, SNSs provides them with a convenient tool to send messages to all their SNS friends at once. Hence, SNSs are dissimilar useful with regards to *Bridging Capital*.

## 7 Conclusions

We argued that the *Number of SNS Friends* has a positive influence on *Bridging Capital* and *Bonding Capital*. After surveying 161 Facebook users via an online questionnaire and applying a structural equation modeling approach, we were able to confirm both relationships. Still, our findings also suggest that there are other factors contributing to SNS members' *Bridging* and *Bonding Capital*.

Our study has some limitations. First, our empirical findings are only based on one specific SNS: *Facebook*. Hence, there might be differences between this particular SNS and others, especially those with a professional context such as *LinkedIn*. Also, our study might suffer from the general problems of using a student sample. Indeed, 51.6 percent of our respondents were German-speaking students. Hence, our results might not hold true for people from other countries, with different educational backgrounds, or from different age groups.

In summary, our study suggests that SNS members can increase their *Social Capital* slightly by having as many as possible SNS friends. However, other influence factors might play a greater role such as the frequency and quality of the SNS members' interaction. As a next step, we plan to expand our research and address its limitations. More specifically, we want to evaluate the influence of the *Number of SNS Friends* on *Social Capital* in the context of professional SNSs. Additionally, we also plan to take a look at other factors potentially contributing to *Social Capital* such as the *frequency and quality of the interaction* among SNS members.

## 8 References

- Alarcón-del-Amo M-D-C, Lorenzo-Romero C, Gómez-Borja M-A (2012) Analysis of Acceptance of Social Networking Sites. *African Journal of Business Management* 6 (29):8609-8619
- Aral S, Walker D (2014) Tie Strength, Embeddedness and Social Influence: Evidence from a Large Scale Networked Experiment. *Management Science* 60 (6):1352-1370
- Bonds-Raacke J, Raacke J (2010) Myspace and Facebook: Identifying Dimensions of Uses and Gratifications for Friend Networking Sites. *Individual Differences Research* 8 (1):27-33
- Bourdieu P (1986) The Forms of Capital. In: Richardson J (ed) *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* Greenwood Publishing Group, New York, NY, pp 241-258
- Boyd DM, Ellison NB (2007) Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication* 13 (1):210-230
- Burt RS (1997) The Contingent Value of Social Capital. *Administrative Science Quarterly* 42 (2):339-365
- Christakis N, Fowler J (2009) *Connected: The Surprising Power of Our Social Networks and How They Shape Our Lives*. Little, Brown and Company, New York, NY
- Ellison NB, Steinfeld C, Lampe C (2007) The Benefits of Facebook "Friends": Social Capital and College Students' Use of Online Social Network Sites. *Journal of Computer-Mediated Communication* 12 (4):1143-1168
- Ernst C-PH Risk Hurts Fun: The Influence of Perceived Privacy Risk on Social Network Site Usage. In: *AMCIS 2014 Proceedings*

- Ernst C-PH, Pfeiffer J, Rothlauf F The Influence of Perceived Belonging on Social Network Site Adoption. In: AMCIS 2013 Proceedings
- Fornell C, Larcker DF (1981) Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research* 18 (1):39-50
- Granovetter MS (1973) The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology* 78 (6):1360-1380
- Granovetter MS (1992) Problems of Explanation in Economic Sociology. In: Nohria N, Eccles RG (eds) *Networks and Organizations: Structure, Form, and Action*. Harvard Business School Press, Boston, MA, pp 471-491
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE (2009) *Multivariate Data Analysis*. 7th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M (2011) Pls-Sem: Indeed a Silver Bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice* 19 (2):139-151
- Krasnova H, Kolesnikova E, Guenther O Leveraging Trust and Privacy Concerns in Online Social Networks: An Empirical Study. In: ECIS 2010 Proceedings
- Lin N (2008) A Network Theory of Social Capital. In: Castiglione D, Van Deth J, Wolleb G (eds) *The Handbook on Social Capital*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp 50-69
- Moon J-W, Kim Y-G (2001) Extending the Tam for a World-Wide-Web Context. *Information & Management* 38 (4):217-230
- Putnam R (1995) Tuning in, Tuning Out: The Strange Disappearance of Social Capital in America. *PS: Political Science and Politics* 28 (4):664-683
- Putnam R (2000) *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. Simon & Schuster, New York, NY
- Raacke J, Bonds-Raacke J (2008) Myspace and Facebook: Applying the Uses and Gratifications Theory to Exploring Friend-Networking Sites. *CyberPsychology & Behavior* 11 (2):169-174
- Ringle CM, Wende S, Becker J-M (2015) Smartpls 3. <http://www.smartpls.com>
- Ross C, Orr ES, Sisic M, Arseneault JM, Simmering MG, Orr RR (2009) Personality and Motivations Associated with Facebook Use. *Computers in Human Behavior* 25 (2):578-586
- Subrahmanyam K, Reich SM, Waechter M, Espinoza G (2008) Online and Offline Social Networks: Use of Social Networking Sites by Emerging Adults. *Journal of Applied Developmental Psychology* 29 (6):420-433
- Williams D (2006) On and Off the 'Net: Scales for Social Capital in an Online Era. *Journal of Computer-Mediated Communication* 11 (2):593-628

## **Teilkonferenz**

### **Telekommunikations- und Internetwirtschaft**

Die Telekommunikations- und Internetbranche ist im letzten Jahrzehnt zu einer Schlüsselindustrie für das Wirtschaftswachstum geworden und aus unserem gesellschaftlichen Leben nicht mehr wegzudenken. Die gestiegene Bedeutung der Industrie, die gepaart ist mit einem rasanten technologischen Fortschritt, machen die Telekommunikations- und Internetwirtschaft heute zu einem wichtigen Forschungsgebiet der Wirtschaftsinformatik.

In dem Track „Telekommunikations- und Internetwirtschaft“ wurden insgesamt drei Aufsatz-Beiträge angenommen, die interessante Fragestellungen in diesem Themengebiet aufzeigen und jeweils wesentliche Erkenntnisse für Wissenschaft und Praxis ableiten. Hannes Kübel zeigt in seinem Beitrag basierend auf Experteninterviews den Zusammenhang zwischen technologischen Eigenschaften von Smart Home Plattformen und deren Nutzung auf und leitete daraus Managementempfehlungen ab. Andreas Hein, Maximilian Schreieck, Manuel Wiesche und Helmut Krcmar beleuchten in ihrem Beitrag verschiedene Governance-Strukturen von relevanten mehrseitigen Plattformen wie Facebook, Airbnb oder dem AppStore und leiten daraus die wesentlichen Austauschbeziehungen ab. Schließlich runden Janina Sundermeier, Solveig Bier und Martin Gersch den Track mit einem empirischen Beitrag ab, in dem sie den Einfluss von Selbstüberschätzung auf die Managemententscheidungen in Start-Up Unternehmen in hoch oder niedrig digitalisierten Branchen untersuchen.

Abschließend möchten wir den Autoren und Gutachtern des Tracks für Ihr Engagement herzlich danken. Wir freuen uns auf eine rege Beteiligung und eine spannende Diskussion vor Ort.

*Jan Krämer, Rüdiger Zarnekow*

(Teilkonferenzleitung)





# Multiple-Case Analysis on Governance Mechanism of Multi-Sided Platforms

Andreas Hein<sup>1</sup>, Maximilian Schreieck<sup>1</sup>, Manuel Wiesche<sup>1</sup>, and Helmut Krcmar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik,  
andreas.hein@tum.de, maximilian.schreieck@in.tum.de, wiesche@in.tum.de, krcmar@in.tum.de

## Abstract<sup>1</sup>

The concept of multi-sided platforms (MSPs) plays an important role in the environment of companies with internet-based business models. In the recent years several new platforms emerged and disrupted long-established companies. Prominent examples are Uber or Airbnb, challenging the taxi and accommodation industry. The centerpiece of MSPs is the platform governance which orchestrates the communication between the involved parties. As this communication is crucial for each platform, this paper aims to analyze six different MSPs in terms of platform governance to identify how different mechanisms are implemented in practice and which tradeoffs different implementation strategies cause. The paper starts with a literature review to determine the state of research on platform governance mechanisms and synthesizes the results. After that, a multiple-case study is conducted to identify how the different companies implemented each dimension of platform governance. In a final step cross-case conclusions are drawn to highlight important tradeoffs, for example that centralized governance models offer a high degree of control in exchange for less user involvement and transparency when implementing governance mechanisms differently.

## 1 Introduction

Technology-enabled business models such as multi-sided platforms are continuing to grow in importance (Hagiu and Wright 2015). In general, an MSP generates value by connecting two or more different parties who want to exchange products, services or information (Caillaud and Jullien 2003; Rochet and Tirole 2003). Prominent examples are start-ups like Airbnb or Uber who are challenging traditional business models in the taxi or hotel industry. These Internet companies make their respective market more accessible by providing a platform where everyone can offer services or products to a mass market. The economic importance of MSPs can be highlighted by Alibaba initial public offering (IPO), which holds the title of the largest IPO in history (Forbes 2014).

The basis of an MSP is the platform itself which orchestrates the interactions between the different sides (Boudreau and Hagiu 2008). Accordingly, the platform governance is an important

---

<sup>1</sup> The first and second author contributed equally. We thank the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy for funding this research as part of the project 01MD15001D (ExCELL).

mechanism to manage the way of communication between the different parties (Evans 2012; Tiwana et al. 2010). Due to this reason it is important to understand how different governance mechanism are contributing to an MSP's success.

Despite the fact that pricing and competition in MSPs are analyzed holistically (Armstrong 2006; Caillaud and Jullien 2003; Eisenmann et al. 2006), the current state of research in terms of platform governance focuses mainly on comparing similar MSP models, such as the Google Play Store and the Apple App Store (Fautrero and Gueguen 2013; Manner et al. 2013). Examining opposed platform governance concepts could help understanding tradeoffs on implementing platform governance mechanism for different MSP models. Therefore, this paper focuses on the research question of *what are governance mechanisms for multi-sided platform and which tradeoffs have to be considered when designing governance mechanisms*. Answering these questions provides a better understanding on how governance mechanisms are practically implemented and what effects a different implementation causes. Furthermore, the classified aspects are the basis for the subsequent multiple-case analysis and will identify potential tradeoffs and impacts on varying governance implementations. Overall this paper provides a better understanding on how companies are addressing theoretically important governance mechanism. In doing so, practically important tradeoffs can be derived.

The remainder of the paper starts by describing the methods used. Then a theoretical view on platform governance follows covering the result of the literature review and describing the concluding summary table on platform governance mechanism. After that, the outcomes of the multiple-case analysis are the subject of discussion. Finally, the paper concludes by a discussion and conclusion highlighting major findings, limitations and outlining future research.

## 2 Methods

This study used a literature analysis in conjunction with a literature search design (Vom Brocke et al. 2009) to identify theoretically important aspects of platform governance. In order to ensure a certain degree of quality, the current state of research was classified using only reputable journals from the AIS Senior Scholars' Basket. The summary table (Miles and Huberman 1994) provides a basic structure to visualize the results. From there a multiple-case study analysis (Yin 2013) was conducted to yield a more robust and generalizable understanding of the different multi-sided-platforms (MSPs).

### 2.1 Literature search design and literature analysis

For the literature design we use the framework for literature reviews starting with the definition of the review scope (Vom Brocke et al. 2009). The literature search was designed to identify commonly accepted, peer-reviewed research in terms of platform governance. The next step is the underlying concept which assists finding qualitatively, reputable and acknowledged authorities by using the Senior Scholars' Basket as a source. Thereafter the literature search consisting of the search strings 'Platform' AND 'Governance' and 'Online' AND 'Governance' looking in the title or with the exact phrase, 'Platform Governance' and 'Online Governance' in the text is set up. For the databases we selected ScienceDirect, ACM, AISL, Ebscohost and Springer Link. The outcomes of this literature and database review were 372 papers according to the search design. In the first iteration the abstract and title were scanned to select relevant papers dealing with platform governance mechanisms. The resulting 52 papers were further investigated in a second iteration

reading the full text. Therefore, only papers were chosen, which address the complex of platform governance mechanisms. We complemented the resulting six papers through a forward and backward search resulting in a total of 13 relevant papers. The literature analysis and synthesis is visualized by a summary table (Miles and Huberman 1994). Lastly the research agenda answers the first part of the research question by identifying the current state of research of platform governance which will be used as the basis of the multiple-case analysis.

The summary table is beneficial for structuring data that share similar characteristics and mechanisms on platform governance. Therefore, we analyzed each paper for potential platform governance dimensions. After that synthesizing and combining the different results compiled an overview (Miles and Huberman 1994).

## **2.2 Case study review**

For the multiple-case study analysis we selected six companies to investigate on platform governance mechanisms according to our research question. We selected the cases based on the MSPs success and the underlying business model, whereby success is measured by taking the market capitalization of the company. Due to the fact of different underlying business models, we are able to draw cross-case results, which result in a generalizable conclusion. The multiple-case study method fits these needs, as it replicates findings across all cases and helps to detect similar and contrasting results (Yin 2013). For the cases we choose Airbnb and Uber as members of the one billion dollar start-up club, representing service platforms in the shared economy (Zervas et al. 2015; WSJ 2015). Alibaba and Facebook were chosen as cases for the merchant and social network model and the Google Play Store and the Apple App Store as application platforms, where success is measured by taking their market capitalization. In order to draw also conclusions within similar business models, we decided to select two cases in the category of service platforms and application platforms, as these platforms have shared similarities in size and market capitalization (PricewaterhouseCoopers 2015). The respective cases issue with one or more platform governance mechanisms shows the practical implementation and possible implications. Furthermore, each case validates the conclusion drawn from the cases before. Using the multiple-case study method helps to follow a certain replication logic and generating robust and evident based data (Yin 2013).

We used archival data from existing case studies, publications and information available on the company website as input for the multiple-case study analysis. Additionally, we selected sources that describe one or more of the dimensions shown in the summary table. Therefore, we used a literature search with the companies' names and each dimension of the summary table to identify relevant cases. As some mechanisms might have changed over time, e.g. the Google Play Stores evolvement from open to more closed (Fautrero and Gueguen 2013), we validated all findings according to the companies' websites. At the end of each case study, we finished with a report summarizing, updating and validating the summary table. In the last step we draw cross-case conclusions to identify tradeoffs for varying implementations of mechanisms.

## **3 Platform governance mechanisms**

This chapter describes the classification of the current state of platform governance research in a summary table.

For the development of the summary table we investigated each paper to identify different platform governance mechanisms. Therefore, we started by collecting all relevant governance components

in a first version of the summary table. After that, we combined similar mechanisms into one dimension in order to aggregate the information. In the last step, we synthesized the data by grouping related dimensions. Each dimension consists of a group of mechanisms, an aggregated description as provided in the papers and the data source. Table 1 illustrates the final version of the platform governance summary table and will be explained in detail below.

Dimensions	Mechanisms	Description	Source
Governance structure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Governance structure</li> <li>• Decision rights</li> <li>• Ownership status</li> </ul>	Centralized or diffused governance. Platform governance then entails how the authority and responsibility for each class of decisions is divided between the platform owner and module developers. Ownership declares whether a platform itself is proprietary to a single firm or is shared by multiple owners.	(Nambisan 2013; Tiwana et al. 2010)
Resources & documentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platform transparency</li> <li>• Platform boundary resources</li> </ul>	Documentation ensures easy understanding and usability of the platform. Transparency of the platform. Governance decisions concerning the platform's marketplace are easy to follow and understand. Application programming interfaces (APIs) for cultivating platform ecosystems through third-party development.	(Benlian et al. 2015; Ghazawneh and Henfridsson 2013)
Accessibility & control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Output control &amp; monitoring</li> </ul>	The platform governance pre-specifies the principles by which outputs are evaluated, penalized, or rewarded.	(Tiwana et al. 2010)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input control</li> <li>• Securing</li> </ul>	Controlling which products or services are allowed. Assess quality of services or products as a gatekeeping mechanism.	(Tiwana et al. 2010; Ghazawneh and Henfridsson 2013)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platform accessibility</li> <li>• Process control</li> <li>• Platform openness</li> </ul>	Who has access to the platform and are there any restrictions on participation? Who controls the process and is in charge for setting up regulations? Is the platform open or closed? Constraints: Technical performance cost of required equipment, and cost of selling.	(Benlian et al. 2015; Eisenmann et al. 2006; Tiwana et al. 2010; Tilson et al. 2010; Boudreau 2010)
Trust & perceived risk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strengthen trust</li> <li>• Reduce perceived risk</li> </ul>	Platform enhances trust. Perceived risk of platform participants is minimized.	(Nambisan 2013)
Pricing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pricing</li> </ul>	Pricing is depended on who is setting the price, who decides on participation, who is paying and who values.	(Bakos and Katsamakas 2008; Tan et al. 2015; Caillaud and Jullien 2003; Armstrong 2006)
External Relationships	<ul style="list-style-type: none"> <li>• External relationship management</li> </ul>	Management of inter-firm dependencies. Architecture of participation. Firm's ability to manage the relationships between its IT function and external stakeholders. The platform allows technical interoperability between other systems.	(Benlian et al. 2015; Tan et al. 2015; Selander et al. 2013)

**Table 1: Final platform governance summary table**

The first dimension deals with the overall *governance structure* and contains decision rights and the ownership status of the company. A platform governance can for example be structured centrally or diffused (Nambisan 2013). Furthermore, it is important how the authority and responsibilities are organized (Tiwana et al. 2010). Is it all centered with the platform owner or is one side of the platform empowered over another?

Platform transparency and usage of platform boundary resources is covered in *resources & documentation*. Platform boundary resources such as application programming interfaces (APIs) were identified as an important factor for cultivating a platform ecosystem (Ghazawneh and Henfridsson 2013). Offering helpful tools which support developing applications, transparency on how to develop and how the platform works are important as well (Benlian et al. 2015).

The next three dimensions can be clustered as *accessibility & control*, starting with the mechanisms of output control and monitoring. According to the literature, output control is defined as a pre-specification of principles by which an output of a developer is evaluated, penalized or rewarded (Tiwana et al. 2010). In order to apply this dimension to our case study selection, we broaden the scope to user or developer output. Control and securing covers what is allowed to be on the platform (Tiwana et al. 2010). Another way of protecting the platform of unwanted input is securing it to establish control (Ghazawneh and Henfridsson 2013). The third dimension is platform accessibility and platform openness and covers regulations on restrictions and ownership of those (Eisenmann et al. 2006). Examples for constraints are the technical performance, cost of required equipment, the cost of selling and distribution restrictions in terms and conditions (Benlian et al. 2015). Another important aspect is process control, which contains methods and procedures that are in place to regulate the platform (Tiwana et al. 2010).

*Trust & perceived risk* forms the next dimension which relates to the nature of a platform ecosystem to enhance trust (Nambisan 2013) on the user or developer side. The seventh section topics *pricing* as an important platform governance mechanism. It clarifies which party is setting the price, who decides on participating on the platform, who is paying and which side profits (Bakos and Katsamakas 2008; Tan et al. 2015; Armstrong 2006; Caillaud and Jullien 2003). Lastly the eighth dimension is represented by managing *external relationships* (Tan et al. 2015; Selander et al. 2013). Another aspect is that the platform supports the mechanism of interoperability between different systems (Benlian et al. 2015).

Overall the underlying business model can have an impact on all mentioned dimensions and how the implementation of governance mechanisms is shaped. Therefore, we complemented this dimension in the following multiple-case study analysis.

## 4 Multiple-case study

The implementation of a multiple-case analysis combines the summary table and the selection of companies to identify how and if multi-sided-platforms implement each dimension. According to our case study design we determined several cases for each company to answer research question two. Therefore, we populate the dimensions for all companies. It should be noted that each company underlies a different business model with distinct products and services, what might be the reasons for a different implementation. This is why we included an additional dimension addressing the business model. We focused on observing platform governance mechanisms on a general level to ensure comparability. In the second part we focus on drawing cross-case conclusions to answer the second part of our research question. We analyze the first three dimensions in detail, as the implementation of those provides unique insights in addressing tradeoffs.

### 4.1 Results of the multiple-case study analysis

Table 2 summarizes the practical implementation of governance mechanisms ordered by the selected companies. We start with dimension number four and explain the cases one to three in the following paragraph to illustrate tradeoffs in a detailed analysis, as they differ significantly in the way how they were implemented.

Dimension		Governance structure		Resources & documentation		Accessibility & control		Trust & perceived risk		Pricing		External relationships		Business Model		
	<b>Mechanism</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Governance structure</li><li>• Decision rights</li><li>• Ownership status</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Platform transparency</li><li>• Platform boundary resources</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Platform accessibility</li><li>• Process control</li><li>• Platform</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Input control</li><li>• Securing</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Output control</li><li>• Monitoring</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Strengthen trust</li><li>• Reduce perceived risk</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pricing</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• External relationship management</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Underlying business model</li></ul>						
	<b>Facebook</b>	(Facebook 2015; Champoux et al. 2012; Goodman and Dekay 2012)	Autocratic and centralized, self-organizing platform	API, Software Development Kit (SDK), documentation	No restrictions	Community standards	Privacy settings, privacy issues	Advertising, marketing, applications	Social network							
	<b>Alibaba</b>	(Tan et al. 2015; Wing Sum et al. 2014; Alibaba 2015)	Central, self-organizing	API, SDK, learning and training center	No restrictions	Optional inspection service	Several services to strengthen trust	Sales margins, payment and service fees	Partnerships through acquisition	Merchant						
	<b>Airbnb</b>	(Zervas et al. 2015; Satama 2014; Airbnb 2015; Kaplan and Nadler 2015)	Split, host has decision rights	Help center	Host is in control, identity verification,	Identity verification	Insurance, verification and rating system	Service and conversion fee	Localities and local communities	Service platform						
	<b>Uber</b>	(Hall and Krueger 2015; Feeney 2015; Rogers 2015; Bond 2015; Isaac 2014; Uber 2015)	Split, Uber controls pricing, passenger controls through rating	Help center, API, documentation	Background check, Uber controls pricing	Background check, car requirements	Background check, pricing, surge, insurance, privacy issues	Dynamic pricing, service fee	Strategic partnerships, service extension							
	<b>Play Store</b>	(Fautero and Guéguen 2013; Pon et al. 2014; Google 2015; Tilson et al. 2012)	Centric, from loose to tight control	SDK, API, documentation, checklist	Google developer account needed	No manual app reviews	Malware, rating, diversity of systems	30% of sales, one time registration fee	Many partnerships	Application platform						
	<b>App Store</b>	(Tilson et al. 2012; Pagano and Maalej 2013; Chin et al. 2012)	Centric, tight control	SDK, API, toolkits, documentation, guides	Apple developer account needed	Manual reviews, censorship, protected system	Ratings, comments, number of downloads	30% of sales, annual fee	Selective, strategic partnerships							

Table 2: Result of the multiple-case analysis

*Input control and securing:* A vivid comparison of input control can be drawn between the Google Play Store and the Apple App Store. Where Apple follows strict censorship and manual application review processes, Google is less strict and executes only automated reviews. The result is that Apple has less security or quality issues, where the Play Store has a broader variety of applications (Tilson et al. 2012; Pon et al. 2014). This comparison shows that no or laissez-faire input control causes a greater variety of input but entails a decreased quality.

*Output control and monitoring:* Result of the case study analysis is that all review companies use an output control mechanism to check the quality of products or services. Facebook for example uses "Likes", ratings and comments to show the popularity of user-generated content. Especially

likes indicate the acceptance of content and are an important part for Facebook's infecting success. The downside of this mechanism is the increase in perceived risk (Roosendaal 2011). Google and Apple implemented a one way ranking system to check the quality of applications (Pon et al. 2014; Pagano and Maalej 2013), where Alibaba, Uber and Airbnb use a two-way-ranking system, where the supplier and demand side are allowed to rank each other (Isaac 2014; Zervas et al. 2015; Tan et al. 2015). Both mechanisms shift quality assurance to the respective parties and therefore reduce administrative work for the platform owner in a tradeoff for a decreased control (Tan et al. 2015).

*Trust & perceived risk:* Alibaba provides several services such as Alipay, the 'gold supplier' status or Trustpass to increase trust for the platform. Therefore users are more likely to use the platform due to the protective mechanisms (Wing Sum et al. 2014; Tan et al. 2015). Facebook is offering privacy settings to reduce perceived risk, but is not successfully overcoming those problems. The resulting tradeoff is that users have the chance to use Facebook anonymously without social consequences which can lead to a higher degree of perceived risk as the result of cyber mobbing or crimes (Stutzman et al. 2013), where Alibabas' services decrease anonymity but increases trust.

*Pricing:* The case study review shows that all underlying price models are strongly related to the business models and are therefore hard to compare. However, similar business models like the Play Store and the App Store show that higher registration fees for developer can be considered as a quality gate trading quantity over quality (Tilson et al. 2012). The case of Uber showed that a lack of transparency on price setting can cause issues regardless of the business model (Bond 2015).

*External relationships:* The example of the Google Play Store and the Open Handset Alliance with 34 founding members aiming for an open standard for mobile phones illustrates the rise of the Play Store's underlying operating system Android which even exceeded Apples' iOS growth (Tilson et al. 2012). As Google wanted to maintain the cohesion of Android and the Play Store to protect it from patent issues, the tradeoff was limiting the platforms openness and partnerships (Fautrero and Gueguen 2013).

*Business model:* In order to reflect the fact that each of the selected business models has an impact on the set up of platform governance mechanism, we included this dimension as well. Nevertheless even similar business models like Airbnb and Uber, delivering services and described as shared economy, are different in terms of services like accommodations and transportations (Uber 2015; Airbnb 2015). In order to draw correct conclusions, we recommend comparing not only similar business models, but also similar products and services like the App Store and the Play Store.

In general, all dimensions show tradeoffs if implemented differently. As the first three dimensions show significant contrasting ways of realizing governance mechanisms, they will be analyzed in the following chapter in detail.

## 4.2 Detailed tradeoff analysis

*Governance structure:* This dimension shows the tradeoff between a high degree of centralization compared to a split approach between central and de-centralized governance. Facebook and Apples governance can be described as centralistic, as no one besides of the platform owner is involved in setting up and changing the platform governance, which causes in-transparency on the user side but ensures full platform control (Tilson et al. 2012; Facebook 2015). Furthermore users can only react on governance changes and are therefore less actively involved (Booth 2014).

Uber can be described as half centralistic and half de-centralistic. On the one hand Uber has full control over price regulation, but out-tasks gatekeeping mechanism to customers by implementing

a driver rating system, where drivers below a certain rating are automatically dismissed from the platform. Having full control over pricing allows Uber to commercialize the platform for high profit, but also causes negative feedback and press. Shifting control to the user by out-tasking quality assurance established a self-organizing platform and reduced administrative work for Uber as no further quality regulating processes are needed (Isaac 2014; Bond 2015; Feeney 2015).

The last example for the dimension platform governance structure is the Google Play Store. It shifted from a free to use open source version with a de-centralistic governance to a more tight led model (Tilson et al. 2012; Fautrero and Gueguen 2013). The de-central and open approach led to a rapid growth in terms of user base in comparison to the App Store but also brought tensions due to the lack of control and problems to commercialize the platform (Fautrero and Gueguen 2013). So the tradeoff of having a more closed and centralized governance with platform control and regulation abilities is a reduced user growth and problems with commercialization.

Across all cases and business models, we could identify tradeoffs in implementing the platform governance structure in different ways. A centralized governance model offers a high degree of platform control and commercialization in exchange for less transparency and user involvement. On the other side a more de-centralistic approach allows to benefit from self-organizational effects by reducing administrative work when implementing for example rating systems to determine the product or service quality. The tradeoff is a shift in platform control towards the users making it harder to regulate the platform.

*Resources & documentation:* The two different characteristics of this dimension are if a platform provides additional resources like APIs or SDKs coupled with documentation or not. Uber and Facebook represent the first manifestation of this dimension, where both provide an API to open up new business markets (Goodman and Dekay 2012; Uber 2015). Uber for example expanded its platform by integrating the service of taxi reservations into hotel booking systems (Martin 2014). Facebook used the API to crate the sub-market of applications, which is now a million dollar market with over 150 million user every month (Facebook 2015). By providing an API both companies allowed developers to create new out of the box applications.

The second manifestation of resources & documentation is shown by the cases of the Google Play Store and the Apple App Store. For one and the other company providing an API and SDK is mandatory to get developers engaged (Apple 2015; Google 2015). Therefore, having an API and SDK is a prerequisite for this business model.

Alibaba illustrates the third appearance of implementing platform boundary resources and platform transparency. The company offers an API in order to get a connection to the suppliers' enterprise resource planning system. Furthermore the API is used for affiliate programs to increase sales for commissions (Alibaba 2015). The result is shortening of distribution, supply and customer channels and an increase in connectivity and effectiveness of business.

Lastly Airbnb represents the fourth manifestation having no official API or SDK in place (Airbnb 2015). However, there is a sub-community hosted by Airbnb called "nerds.airbnb.com" illustrating concepts like deep linking to overcome the fact of not having an API. Furthermore, unofficial platforms like insideairbnb.com appeared, crawling data from the Airbnb platform and evaluating it. The result of not having an API is that there are no interfaces available to get, analyze or validate the data, which leads to a high degree of information control. On the opposite, business opportunities are dismissed in order to keep information superiority.



The conclusion is that implementing this dimension offers companies to open up new business markets, increase interconnectivity and effectiveness of distribution, supply and customer channels as well as being a prerequisite for business models relying on external developers. Arguments for not having an API are keeping information superiority by having a closed architecture, dismissing business opportunities and opening the field for third party platforms publishing platform data.

*Platform accessibility:* This dimension divides in two categories, making the platform accessible for everyone and having restrictions. An example for the first category is Facebook, struggling with negative feedback and abuse but granting users anonymity (Champoux et al. 2012; Facebook 2015). The platform started with a restriction that only allowed universities to join and opened in 2006 for public, gaining massive user growth (Stutzman et al. 2013). Alibaba followed a similar story from being restricted to China and opening globally. Similar to Facebook a growing period followed, accompanied with an increase in perceived risk. The company introduced services like "gold supplier" status or Trustpass to mitigate this risk (Wing Sum et al. 2014; Tan et al. 2015).

Airbnb and Uber are more restrictive, as they implemented mechanisms to secure the platform. They demand background checks and identity verification to strengthen trust and reduce anonymity. In terms of process control Airbnb empowered the host to decide whom to pick for a stay and how much to charge. The result is transparency in exchange for a lower platform control. Uber follows the opposite approach, by keeping the pricing superiority, causing in-transparency going along with negative feedback, process control and increased monetization (Zervas et al. 2015; Hall and Krueger 2015; Kaplan and Nadler 2015; Isaac 2014; Bond 2015).

The last cases for platform accessibility are the Google Play and Apple App Store. Google follows an open source approach, bringing the store to a variety of devices, reaching more potential users. Results are a rapid development of applications and user growth accompanied by a lower usability, as the software needs to work on a variety of devices (Fautrero and Gueguen 2013; Pon et al. 2014; Google 2015). Apples' App Stores version on the other hand is restricted to Apple devices. Furthermore, a service development kit and hardware is needed to develop applications. This limits openness in exchange for high process control, quality and customer satisfaction (Chin et al. 2012; Pagano and Maalej 2013; Tilson et al. 2012; Apple 2015).

In summary we could identify that complete openness goes with a potential higher user base, a less secure platform due to anonymity and increased perceived risk. Having restrictions in place showed that the quality of products and services can improve, process control is retained causing in-transparency and negative feedback limiting user freedom. This summary supports the idea of a maturity model, where critical mass is achieved in the early stages with low control, where a more mature state focuses on platform control (Wareham et al. 2014) and complements those findings by highlighting tradeoffs that need to be taken into consideration.

## 5 Discussion & conclusion

This study provides insights on platform governance, the centerpiece of multi-sided platforms (MSP), by showing how platform governance mechanisms discussed in theory are implemented in practice. The results of this paper allow companies to see which tradeoffs they need to take into consideration, when setting up a governance model. Furthermore the literature review (Vom Brocke et al. 2009) identifying platform governance mechanisms in combination with a multiple-case study analysis (Yin 2013) of six successful MSPs provides evidence based data on how those theoretical concepts are practically implemented, what has been identified as a research gap (Manner et al.

2012). Important findings are, for example, that a decentralized governance, i.e. no restrictions in terms of accessibility or a low input control, may lead to a more rapid user growth and could therefore be used in the early mature states, where a centralized governance, having restrictions and limited accessibility offers a high level of platform control in exchange for a reduced user involvement and transparency on governance processes. This also supports the thesis of different states of maturity in MSPs (Wareham et al. 2014). It needs to be noted that there are methodical limitations. By using the Senior Scholars' Basket we ensure a high quality database. In order to get a more detailed and recent picture of the literature, this review needs to be extended. Despite the fact that this study underlies the principle of analytical generalization (Yin 2013) only six companies are compared. Therefore, the results are only a first indication and future research should substantiate the findings with more data. There might be an effect of multi-homing (Doganoglu and Wright 2006) with different log-ins and exclusivity. Also an analysis of not only similar business models, but more specific on comparable services and products needs to be carried out, to determine their unique effects on the platforms governance. It would be also interesting to see if non-successful MSPs differ in implementing platform governance mechanisms.

## 6 Literature

- Airbnb (2015) Airbnb homepage. <https://www.airbnb.com>. Accessed 01.07.2015
- Alibaba (2015) Alibaba homepage. <http://www.alibaba.com>. Accessed 01.07.2015
- Apple (2015) Apple App Store homepage. <https://itunes.apple.com/de/genre/ios/id36?mt=8>. Accessed 01.07.2015
- Armstrong M (2006) Competition in two-sided markets. *The RAND Journal of Economics* 37 (3):668-691
- Bakos Y, Katsamakas E (2008) Design and Ownership of Two-Sided Networks: Implications for Internet Platforms. *Journal of Management Information Systems* 25 (2):171-202
- Benlian A, Hilkert D, Hess T (2015) How open is this platform? The meaning and measurement of platform openness from the complementors' perspective. *Journal of Information Technology* 30:209-228
- Bond AT (2015) An App for That: Local Governments and the Rise of the Sharing Economy. *Notre Dame Law Review* 90 (2)
- Booth R (2014) Facebook reveals news feed experiment to control emotions. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/technology/2014/jun/29/facebook-users-emotions-news-feeds>. Accessed 15.09.2015
- Boudreau K (2010) Open platform strategies and innovation: Granting access vs. devolving control. *Management Science* 56 (10):1849-1872
- Boudreau KJ, Hagiu A (2008) Platform rules: Multi-sided platforms as regulators. Available at SSRN 1269966
- Caillaud B, Jullien B (2003) Chicken & egg: Competition among intermediation service providers. *RAND Journal of Economics*:309-328
- Champoux V, Durgee J, McGlynn L (2012) Corporate Facebook pages: when "fans" attack. *Journal of Business Strategy* 33 (2):22-30
- Chin E, Felt AP, Sekar V, Wagner D (2012) Measuring user confidence in smartphone security and privacy. Paper presented at the Proceedings of the Eighth Symposium on Usable Privacy and Security

- Doganoglu T, Wright J (2006) Multihoming and compatibility. *International Journal of Industrial Organization* 24 (1):45-67
- Eisenmann T, Parker G, Van Alstyne MW (2006) Strategies for two-sided markets. *Harvard Business Review* 84 (10)
- Evans DS (2012) Governing bad behavior by users of multi-sided platforms. *Berkeley Technology Law Journal* 2 (27)
- Facebook (2015) Facebook homepage. <https://www.facebook.com>. Accessed 01.07.2015
- Fautrero V, Gueguen G (2013) The Dual Dominance of The Android Business Ecosystem. *Understanding Business Ecosystems*
- Feeney M (2015) Is Ridesharing Safe? *Cato Policy Analysis*
- Forbes (2014) Alibaba Claims Title For Largest Global IPO Ever With Extra Share Sales. <http://www.forbes.com/sites/ryanmac/2014/09/22/alibaba-claims-title-for-largest-global-ipo-ever-with-extra-share-sales/>. Accessed 01.07.2015
- Ghazawneh A, Henfridsson O (2013) Balancing platform control and external contribution in third-party development: the boundary resources model. *Information Systems Journal* 23 (2):173-192
- Goodman MB, Dekay SH (2012) How large companies react to negative Facebook comments. *Corporate Communications: An International Journal* 17 (3):289-299
- Google (2015) Google Play Store homepage. <https://play.google.com>. Accessed 01.07.2015
- Hagiu A, Wright J (2015) Multi-sided platforms. *International Journal of Industrial Organization*
- Hall JV, Krueger AB (2015) An Analysis of the Labor Market for Uber's Driver-Partners in the United States.
- Isaac E (2014) Disruptive Innovation: Risk-Shifting and Precarity in the Age of Uber.
- Kaplan RA, Nadler ML (2015) Airbnb: A Case Study in Occupancy Regulation and Taxation. *U Chi L Rev Dialogue* 82:103
- Manner J, Nienaber D, Schermann M, Krcmar H (2012) Governance for mobile service platforms: A literature review and research agenda. Paper presented at the International Conference on Mobile Business
- Manner J, Nienaber D, Schermann M, Krcmar H (2013) Six Principles for Governing Mobile Platforms. Paper presented at the Wirtschaftsinformatik
- Martin G (2014) Uber Now Integrates With United And Hyatt Apps. *Forbes*. <http://www.forbes.com/sites/grantmartin/2014/08/22/uber-now-integrates-with-united-and-hyatt-apps/>. Accessed 01.07.2015
- Miles MB, Huberman AM (1994) *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*.
- Nambisan S (2013) Information technology and product/service innovation: A brief assessment and some suggestions for future research. *Journal of the Association for Information Systems* 14 (4):215-226
- Pagano D, Maalej W (2013) User feedback in the appstore: An empirical study. Paper presented at the 21st IEEE International Requirements Engineering Conference
- Pon B, Seppälä T, Kenney M (2014) Android and the demise of operating system-based power: Firm strategy and platform control in the post-PC world. *Telecommunications Policy* 38 (11):979-991
- PricewaterhouseCoopers (2015) Global Top 100 Companies by market capitalisation.

- Rochet J-C, Tirole J (2003) Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*:990-1029
- Rogers B (2015) The Social Costs of Uber. *The University of Chicago Law Review Dialogue* 82
- Roosendaal A (2011) Facebook tracks and traces everyone: Like this! *Tilburg Law School Legal Studies Research Paper Series* (03)
- Satama S (2014) Consumer adoption of access-based consumption services-Case AirBnB.
- Selander L, Henfridsson O, Svahn F (2013) Capability search and redeem across digital ecosystems. *Journal of Information Technology* 28 (3):183-197
- Stutzman F, Gross R, Acquisti A (2013) Silent listeners: The evolution of privacy and disclosure on facebook. *Journal of privacy and confidentiality* 4 (2)
- Tan B, Pan SL, Lu X, Huang L (2015) The Role of IS Capabilities in the Development of Multi-Sided Platforms: The Digital Ecosystem Strategy of Alibaba. com. *Journal of the Association for Information Systems* 16 (4):248-280
- Tilson D, Lyytinen K, Sørensen C (2010) Research commentary-digital infrastructures: the missing IS research agenda. *Information Systems Research* 21 (4):748-759
- Tilson D, Sørensen C, Lyytinen K (2012) Change and control paradoxes in mobile infrastructure innovation: the Android and iOS mobile operating systems cases. Paper presented at the 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS)
- Tiwana A, Konsynski B, Bush AA (2010) Research commentary-Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. *Information Systems Research* 21 (4):675-687
- Uber (2015) Uber homepage. <https://www.uber.com>. Accessed 01.07.2015
- Vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, Riemer K, Plattfaut R, Cleven A (2009) Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. Paper presented at the ECIS
- Wareham J, Fox PB, Cano Giner JL (2014) Technology ecosystem governance. *Organization Science* 25 (4):1195-1215
- Wing Sum A, Mamtaz RB, Janssen C, Chuntavorn K, Yeon B, Kim URS, Jonathan Y (2014) How did Alibaba. com become and still remains a dominant platform in the e-commerce market?
- WSJ (2015) The Billion Dollar Startup Club. *Wall Street Journal*. Accessed 07.07.2015
- Yin RK (2013) Case study research: Design and methods. Sage publications,
- Zervas G, Proserpio D, Byers J (2015) A First Look at Online Reputation on Airbnb, Where Every Stay is Above Average. *Where Every Stay is Above Average* (January 23, 2015)

# **Designing for Platform Dominance – An Expert Assessment of Technological Performance as an Adoption Determinant in the Smart Home Field**

**Hannes Kuebel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Technische Universitaet Berlin, Chair of Information and Communication Management,  
hannes.kuebel@tu-berlin.de

## **Abstract**

Smart Home (SH) technologies have been around for more than three decades, designed to enhance the comfort, convenience, security, entertainment, healthcare, education and communication of people in their homes. Despite continuing waves of enthusiasm the SH market has remained a niche ever since. However, recent trends, including the digitalization of societies, price declines in microelectronics, ubiquitous computing and broadband connectivity, have reignited the hopes in the establishment of common SH service platforms across converging industries. In this light, the present study examines to what extent the technological performance of such platforms determines their wide-spread adoption. A qualitative content analysis based on interviews with 21 industry experts from 19 companies active in the SH field is conducted that identifies, describes and ranks relevant technological properties of SH platforms. Revealing extendibility, usability, functionality and flexibility as the most critical performance dimensions in the current market phase, the study provides managerial implications for platform design and guidance of potential users' purchase decisions.

## **1 Introduction**

A Smart Home is a residence “equipped with computing and information technology that anticipate[s] and respond[s] to the needs of occupants [...] through the management of technology within the home and connections to the world beyond” (Aldrich 2003, p.17). With the emergence of the Smart Home (SH) concept – synonymously, Intelligent, Automated or Connected Home as well as Smart Living – in the 1980s, fundamental changes to home environments were envisioned (Mitchell 1996). Today, decades later, such SH scenario still belongs to the future as the diffusion of SH technology has been facing a variety of technical, societal, conceptual and managerial barriers (Edwards and Grinter 2001; Aldrich 2003; Barlow and Venables 2003). As a result, the SH market is a niche with the vast majority of SH products and services offered through a variety of sector-specific, rarely interoperable, not fully standardized platforms (Nikayin and Reuver 2012). Nonetheless, a new wave of interest in the SH concept has been spurred by recent fast-paced developments, including ubiquitous computing, intelligent appliances, wearable sensors, the

miniaturization and price declines of microelectronic components, broadband penetration and digitalization of societies. E.g., the German SH market alone is forecasted to grow to EUR 19 billion by 2025 at 23.5% CAGR from 2015 (BMW 2011). In this light, the establishment of common service platforms shared by various providers across different service domains and industries is seen as an important means to turn the SH field into a mass market (Nikayin and Reuver 2011; Nikayin and Reuver 2012). As such, various actors, like telecommunication operators, network equipment manufacturers, household appliance manufacturers and large IT firms are currently promoting proprietary common service platforms (DTAG 2013; CISCO 2014; GOOGLE 2014; SAMSUNG 2014).

In this sense, the SH market resembles what Suarez calls a ‘battle for dominance’ (Peine 2008), i.e., “[. . .] different technological trajectories or designs, sponsored by different actors, compete for dominance through a process where economic, technological, and socio-political factors are intertwined” (Suarez 2004, p.274-275). At the same time, in early stages of such dominance battles the outcomes tend to be determined more strongly by the technological feasibility of platform designs than other factors (Suarez 2004). Therefore, the present study investigates the influence of technological performance on the adoption of SH platforms. More specifically, a qualitative content analysis is conducted based on 19 interviews with 21 industry experts to identify, describe and rank technological properties of SH platforms that determine wide-spread adoption.

## **2 Theoretical background**

### **2.1 Technology adoption**

Understanding the factors that cause people to accept and make use of technology is a continuing issue of information systems research (Choudrie and Dwivedi 2005). A variety of theories has been applied to understand technology acceptance (Venkatesh et al. 2003). Considering the innovation decision process, pre-adoption behavior, i.e., intention to adopt or adoption behavior, is likely to be impacted differently than post-adoption behavior, i.e., actual or real usage behavior. E.g., the adoption decision of potential adopters tends to be based on more innovation characteristics than the one of actual users (Karahanna et al. 1999). The present work is concerned with the influence of technology characteristics on the adoption by potential users. The technology itself as a determinant plays a central role within adoption studies in the IS community. DeLone, W. H. and McLean (1992) propose the quality of an information system as a major determinant of its success and provide a review of measures applied to describe this category. Similarly, the Innovation Diffusion Theory (IDT) (Rogers 2003) and the Technology Acceptance Model (TAM) (Davis 1989), among the most popular adoption models in the IS community (Venkatesh et al. 2003; King and He 2006), focus on technology characteristics to explain their diffusion: IDT comprises an innovations’ relative advantage, compatibility, complexity, trialability and observability, while TAM’s major constituents perceived usefulness and ease of use put emphasis on a technology’s functionality and usability. As well, in recent models, performance and effort expectations about the technology build the core constituents, like in UTAUT (Venkatesh et al. 2003) and in UTAUT2 (Venkatesh et al. 2012).

### **2.2 Dominant designs**

Research on dominant design posits that the evolution of new technologies is determined by the entailed technological potential and the actual needs of future users (Murmann and Frenken 2006).

In order to mitigate inherent risks, different designs of the technology are created and user feedback is received until only one or few so called dominant designs remain. Such design trials are what Suarez (2004) above calls battles for dominance. Dominance in this context refers to the emergence of a technological format that is widely adopted across the corresponding industry (Utterback and Abernathy 1975; Abernathy and Utterback 1978). The emergence of dominant designs fundamentally changes the nature of innovation and competition. According to van de Kaa et al. (2011), it is typical that interface formats battle for dominance. Interface formats – synonymously, standards or platforms – specify the integration of basic components into subsystems and subsystems into entire systems. As such, they enable elements at different hierarchical levels of a technology to function together (Murmman and Frenken 2006; van de Kaa et al. 2011). Further, platform adoption happens from two sides (van de Kaa et al. 2011): on the one hand, supply-side users decide in which interface formats their products, services and applications are specialized, on the other hand, demand-side users purchase these complementary goods. In this regard, van de Kaa et al. (2011) conduct an extensive literature review and reveal the properties of the interface format itself as one of five relevant categories that influence its dominance. In this sense, a platform that is technologically superior to other designs has a higher chance of becoming widely diffused.

### 2.3 Information system performance

A comprehensive theoretical framework to understand information system performance is given as the Web of System Performance (WOSP) model proposed by Whitworth and Zaic (2003) and depicted in Table 1.

Information system performance			
System elements		Design goals	is concerned with the system's ability to ...
Effectors	Acts upon the environment	Functionality	... act effectively upon its environment
		Usability	... be used efficiently and easily
Boundary	Separates the system from the environment	Security	... protect itself against unauthorized entry, misuse, or takeover
		Extendibility	... incorporate outside elements in system operation
Internal structure	Supports and coordinates system activity	Reliability	... continue or recover performance despite internal variations
		Flexibility	... adapt to different environments
Receptors	Analyse environment information	Connectivity	... support information and meaning exchange
		Confidentiality	... limit the release of information about itself

**Table 1.** Information system performance according to the WOSP model as in Whitworth and Zaic (2003)

The WOSP model extends TAM's understanding of performance as functionality plus usability (Mahindra and Whitworth 2005), viewing performance as the degree to which a system successfully interacts with its environment based on four basic elements: first, effectors to act upon the environment; second, a boundary to separate the system from the environment; third, an internal structure to support and coordinate system activity; fourth, receptors to analyze environment information. Each of these elements is characterized by two design goals whose degrees of fulfilment determine a system's overall performance. The proposed eight design goals represent different design aspects common to IS research, albeit named differently occasionally, and conceptually integrate them into a comprehensive framework (Whitworth et al. 2006). Further, differences in their significance for the overall system performance may be more (or less) suitable in different environments, like opportunistic, hazardous or dynamic technological fields, as the design goals are either success-creating or failure-avoiding (Whitworth et al. 2006). Finally, as a

process-oriented design framework, the WOSP model can inform system development, while as an evaluation framework it is suited to guide adoption decisions of potential users.

### 3 Related literature

The majority of SH studies is concerned with technological topics, while socio-technical and socio-organizational issues have received less attention (Solaimani et al. 2013). The empirical studies that investigate user adoption of SH platforms consider the performance characteristics of the SH technology itself as a central determinant. As such, the provided functionality determines the benefits associated with SH platform adoption (Kynsilehto et al. 2010; Brush et al. 2011), like enhanced convenience and safety, and should be clear and unambiguous (Gann et al. 1999). In addition, usability is frequently highlighted as an important design goal, involving effortless installation in refurbished and newly build home environments (Gann et al. 1999; Brush et al. 2011; Balta-Ozkan et al. 2013) and intuitive user interfaces (Edwards and Grinter 2001; Coughlin et al. 2007; Kynsilehto et al. 2010). Further, potential users seem to have security concerns requiring SH systems to provide technical means against intrusion, hacks and misuse (Balta-Ozkan et al. 2013). In terms of extendibility the lack of common in-home communication protocols and interoperability between different devices has been a major concern for several years and lead to fragmentation into islands of functionality (Gann et al. 1999; Edwards and Grinter 2001; Balta-Ozkan et al. 2013). Several studies point to reliability as a critical design goal reporting on malfunctions, errors, power failures, lack of responsiveness, crashes and unpredictable behavior of SH systems (Edwards and Grinter 2001; Kynsilehto et al. 2010; Brush et al. 2011; Balta-Ozkan et al. 2013). In terms of flexibility, SH systems are expected to be configurable to personal and contextual needs (Kynsilehto et al. 2010) and adaptable to current and changing lifestyles of demand-side users (Balta-Ozkan et al. 2013). In this sense, underperformance is associated with rigid designs unable to take exceptions, eventualities and conflicting goals of routines and plans into account (Davidoff et al. 2006). Further, Davidoff et al. (2006) and Balta-Ozkan et al. (2013) regard a SH system's connectivity, i.e., its ability to absorb and process contextual information, as an adoption driver because it can be the basis for more appropriate and autonomous control decisions. Finally, privacy concerns are prominent as consumers care about the collection, accessing and processing of personal data (Coughlin et al. 2007; Kynsilehto et al. 2010; Krishnamurti et al. 2012; Balta-Ozkan et al. 2013).

As a conclusion, empirical studies on SH adoption highlight all eight performance characteristics proposed by the WOSP model, while their relative importance remains unclear. To guide SH platform development and adoption, this paper aims to specify the different aspects that comprise a platform's technological performance in a holistic manner and compare their relevance relative to each other.

### 4 Research methodology

The employed research methodology follows the steps to qualitatively examine technology adoption as proposed by Vogelsang et al. (2013) and as described in the following.

The research questions of this study are formulated as: Which technology characteristics have significant influence on wide-spread adoption of SH platforms? What is their relative importance to each other? To answer these questions, interviews with mid- to top-level managers of companies active in the SH field were conducted. Responsible for the development and marketing of SH



platforms and/or their complementary goods, these company representatives constitute knowledgeable experts with long-time experience in technical and commercial aspects of the SH field. Initially sourced from existing and newly inquired contacts and later through snowball-sampling, the sample represents a broad view across converging industries comprising 19 interviews with different stakeholders, including telecommunication (2) and utility network (1) operators, IT and communication equipment manufacturers (3), household appliance and home system manufacturers (5), home automation specialists with a b2c (4) and b2b (3) focus as well as the founder of a popular open source SH platform. These firms act as platform sponsors and current and potential supply-side users, i.e., device manufacturers, service providers and application developers. Given 17 single-person interviews and two interviews conducted with 2 interviewees at the same time, a total of 21 interviewees were able to directly report on their adoption decisions and inform on primary customer insights gained in various service domains. The interviews took place in person and over telephone from March to September 2014 and followed a semi-structured approach involving an interview guideline to assure comparability. The audio recordings made for each interview were transformed into interview transcripts that serve as the unit of analysis. While the interviews lasted between 60 and 75 minutes capturing the interview context (e.g., interviewee's expertise, job position, company role), aligning the thematic views (e.g., understanding of SH system, platform and field) and covering various aspects of platform adoption (e.g., market, ecosystem and sponsorship characteristics), the present study is dedicated exclusively to the analysis of the technology characteristics that determine adoption. The analysis was conducted according to the method of formal structuring suggested by Mayring (2008), that involves extracting statements discussing technology characteristics as adoption determinants, encoding them to core statements and relating them to an underlying paradigm model, i.e., in this case the above categories of information system performance as defined by the WOSP model. This procedure was revised by different persons in feedback loops and supported by ATLAS.ti, a leading software tool to assist qualitative content analysis. In order to assess the relevance of each technological characteristic the two metrics suggested by Vogelsang et al. (2013) were applied: first, interview frequency is the number of interviews the category was mentioned; second, content relevance is the sum of relevance evaluations for each statement assigned to the category. Regarding the latter, the relevance of each statement is evaluated with -1 point if the relevance of the category is explicitly doubted or denied, with 1 point if it is positively referenced and with 2 points in case it is highlighted in particular. The analysis results rank each category according to the summed frequency and content relevance over all interviews. Finally, the analysis accounts for a category's domain specificity noted whenever the statements indicated that the category is particularly relevant in a specific service context, like security, energy or entertainment services.

## 5 Analysis results

In this section the results of the qualitative content analysis are presented as summarized in Table 2. The analysis reveals that the extendibility and usability are regarded as the most important design goals of SH platforms, being discussed in 16 interviews and yielding relevance scores of 52 and 42 respectively. Additionally, SH platforms that outperform on functionality (18/33) and flexibility (13/27) are expected to achieve high rates of adoption. While the influence of a SH platform's ability to act effectively upon its environment (functionality) tends to be moderated by the service domain of concern, the other most relevant design goals seem equally important across different service contexts.

Information system performance in the case of SH platforms					
System elements	Design goals	Key facets	Freq.	Rel.	Spe.
Effectors	Functionality	Convenience, efficiency, control, safety, savings Social, epistemic & hedonic benefits of use Functional range & fit of complementary goods	18	33 (high)	x
	Usability	Ease of system installation, configuration & use Visually appealing user interfaces and devices Ease of API integration & maintaince	16	42 (very high)	
Boundary	Security	User safety & risk prevention Protection against unauthorized use	4	1 (low)	x
	Extendibility	Enablement of service interoperability Development & communication standards Compatibility with service systems in-use	16	52 (very high)	
Internal structure	Reliability	Availablity of basic household functionality Latency requirements and fail-proof operation	9	15 (medium)	x
	Flexibility	Adaptability to user specifics Modifiability of initial use cases Evolvability with changing needs	13	27 (high)	
Receptors	Connectivity	Integration & interpretation of environmental data Learning & context-awareness of decision-making unit	7	8 (low)	x
	Confidentiality	Degree of data transparency Provisions to control data accessibility	11	18 (medium)	x

Freq. = Interview frequency; Rel. = Content relevance; Spe. = Service domain specificity

**Table 2. Resulting key facets and relevance of performance dimensions**

With a relevance score of 52, extendibility is regarded the most important technological characteristic to achieve wide-spread adoption. Extendibility is discussed from different perspectives. First, SH platforms should enable interoperability at the application layer, i.e., coordinate the interplay of various services that access the same device functionality. Second, extendibility is given as the degree of compatibility with standard software development tools and common in-home communication protocols, like WiFi, Zigbee or KNX. Third, SH platforms employing a so called ‘lean’ design are expected to drive adoption. In this sense, perceived performance is increased through compatibility with third-party systems already in-use, including preferred customer premise equipment (CPE) as in-home gateway devices, current enterprise systems for customer relationship management, billing and analytics, and existing online sales channels and web presences. Another very relevant adoption factors is found in the usability of SH platforms as considered in 16 interviews. Usability comes as the ease of system setup and configuration that seems preemptively high in many cases, especially if the help of professional installation and consulting services is required. According to the experts, the challenge consists in designing plug-and-play systems including intuitive user interfaces to break down complexity of system setup, control and administration. In this regard, user-friendliness is associated as well with the visual appeal of user interfaces and connected devices. E.g., bulky smart plugs or unsightly smoke detectors are reported to inhibit consumer adoption. As for device manufacturers, service providers and application developers, ramp-up and maintenance costs for application programming interfaces (APIs) result preemptively high. These concerns are especially prominent if APIs in home gateways have to be integrated, integration support and documentation is lagging behind and proprietary systems and protocols are in use. Further, SH platform design should focus on functionality. Predominately, functionality relates to the functional benefits derived from SH

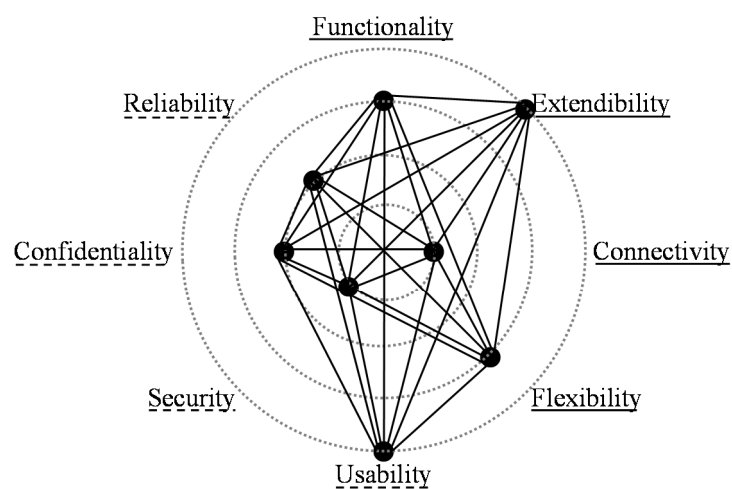
platform adoption. SH platforms that enhance convenience, increase energy efficiency, provide control and safety gains and facilitate monetary savings have good chances of being adopted. Less frequently mentioned benefits include social benefits, like status gains through the adoption of a SH technology that is at the technological edge or that contributes to environment protection, epistemic benefits derived from the technology's capability to satisfy the consumers curiosity, as well as hedonic benefits given as the fun and enjoyment of engaging with SH applications. Further, a SH platform's functionality stems from the functional range of the complementary goods, i.e., home appliances and systems, smart artefacts, applications and services specialized to operate with the platform. In this regard, a group of experts is convinced that only a wide functional range is able to provide the benefits necessary to create a mass market, while another group rather points to the functional fit between complements than its abundance. As such, it is controversially discussed whether platform design should cater for a wide or narrow functional range of complementary goods. Finally, the importance of flexibility as an adoption determinant is stated in 13 interviews. In this sense, SH platforms need to be able to adapt to a large variety of user specifics. Too rigid designs that require retro-fitting home environments, like electricity outlets, lighting switches or HVAC systems, and that limit configuration according to user preferences are expected to fall short on adoption. As well, the possibility to modify and upgrade initial use cases along the life-cycle seems relevant in this context. As for supply-side users, SH platforms should allow for flexible service and device management able to accommodate for growth and changing user routines.

Relative to above design goals, the expert interviews attribute medium to low relevance to the other performance dimensions. According to 11 interviews, SH platforms should be designed for confidentiality in the way that end users are in control of their personal data. Platforms excelling on data transparency (users understand what data is accessed and used by whom) and allow for user choice (users decide which data is released or not) are expected to find broader acceptance. Privacy concerns seem especially pronounced in the security service domain, i.e., in relation to data generated by surveillance cameras and motion sensors and processed by monitoring services. Additionally, the interviews show that potential suppliers are concerned about the transparency and accessibility of their customer data by platform sponsors and other third-parties. In this regard, it is suggested that SH platforms provide analytic-free data routing and grant de-personalization of user information. With respect to reliability, the discussion centers on the platforms' ability to provide the basic functionality necessary for daily household routines. In 9 interviews it is remarked that SH platforms should not worsen the status-quo reliability of home control to which consumers are used. In their home environment consumers are expected to be especially sensitive if automated routines malfunction or fail. In this sense, reliable platforms function in case of internet outages, assure low latency, e.g., for lighting and alarm systems, and employ fail-proof designs, e.g., regarding the automation of door locks. As such, reliability aspects and their relevance differ by service domain. Further, connectivity, i.e., a SH platform's ability to support information and meaning exchange with its environment, is controversially discussed. On the one hand, several experts argue that value creation is driven by interconnected platforms able to integrate and analyze environment information from a variety of sources, like sensor data, web service information or geolocation logs, and control the interaction of services accordingly. In this context, decision-making based on learning and context-aware systems is regarded as a major opportunity. On the other hand, the contrary opinion is based on the experience that applied 'intelligent' technologies are less sophisticated than announced by their promoters. As such, this group of experts doubts that connectivity will critically determine adoption in the current phase of the dominance process. Finally, the interviews demonstrate that the security of SH platforms is not a decisive differentiation

criterion. While platform design is expected to account for the risk of unauthorized use and system hacking, such design seems rather mandatory than particularly challenging in the SH field. However, it is mentioned that certain service domains tend to raise higher security concerns than others, e.g., connected door locks may lock people in/out and remotely controllable hot air blowers may catch fire.

## 6 Discussion

The following section discusses the major findings of the qualitative content analysis with respect to existing insights on platform adoption and design. The resulting Web of System Performance is depicted in Figure 1 according to the visualization suggested by Whitworth et al. (2006).



*Legend:* success-creating / failure-avoiding performance dimensions; relevance is increasing from low over medium and high to very high going from inner to outer circles

**Figure 1. The Web of System Performance in the case of SH platforms**

The analysis reveals that extendability, usability, functionality and flexibility are the most critical performance dimensions of SH platforms at the current market stage. This finding suggests that the industry experts generally perceive the SH field as an opportunistic, albeit dynamic environment evaluating success-creating design dimensions, like extendability, functionality and flexibility, as more important than failure-avoiding design goals, like reliability, confidentiality and security (Whitworth et al. 2006). In particular, compatibility with third-party services and systems as well as with existing development and in-home communication standards is considered an opportunity – rather than a threat, e.g., for security – that should be reaped by platforms designed for extendability. At the same time, the importance of functionality shows that new SH platforms need to be better at fulfilling user needs than their predecessors in order to reach mass adoption (Lee et al. 1995). If new functional capabilities of SH platforms fall short on providing additional benefits to potential users – related to convenience, energy efficiency, control, safety and monetary savings – adoption is expected to lag behind. This seems especially true as affordability remains an ongoing issue in the SH field (Gann et al. 1999; Balta-Ozkan et al. 2013). Further, the importance of flexible designs in the SH case confirms that the ability to adapt to user specifics and changing routines seems especially valuable in dynamic environments where consumer tastes are heterogeneous and unpredictable (Baldwin and Woodard 2009). In addition to above performance dimensions, the

study finds that superior SH platforms excel on usability. This corresponds to related literature on platform adoption, e.g., (Dedrick and West 2003; Zhu et al. 2006), and other empirical studies on SH technology adoption, e.g., (Coughlin et al. 2007; Balta-Ozkan et al. 2013), that reveal complexity as a major adoption inhibitor, i.e., the degree to which a platform is perceived as difficult to understand and use. To yield wide-spread diffusion in the SH case, platform design needs to reduce the integration and maintenance efforts of device manufacturers, service providers and application developers as well as ease the installation and configuration tasks faced by consumers.

According to the WOSP model, “functionality and usability are in a natural state of tension” (Whitworth and Zaic 2003, p.264) as new or more functions tend to require user learning or effort which decreases usability. This study confirms such tension in the case of SH platforms embodied in the controversy on the functional range of complementary goods. In this sense, one group of experts finds that a wide range of available functionality and possible use cases complicates understanding, configuration, use and maintenance of SH platforms. This is in line with Rijdsdijk and Hultink (2009) that identify high levels of multi-functionality of smart products as a complexity driver in the consumer context. In contrast to this, other interviewees argue that only platforms able to integrate complementary goods from a broad spectrum of service domains, like home automation, energy, healthcare, security, entertainment and communication, will be able to bring about the benefits required to yield mass market adoption. This view is shared by Nikayin and Reuver (2011) promoting SH platforms that enable the interplay of a wide range of different devices and services. As a conclusion, the challenge consists in increasing platform functionality while maintaining or even enhancing its usability. Regarding this challenge, Rijdsdijk and Hultink (2009) find that higher levels of autonomy, i.e. the ability to operate in an independent and goal-directed way without interference of the user, reduces perceived complexity of smart products, at given levels of functionality. In the present case, such ability relates to the connectivity of a SH platform’s decision making unit that should build on meaning exchange to stimulate learning and context-awareness according to several experts. While this is expected to enable more autonomous control as envisioned by Brdiczka et al. (2009), other experts do not consider such connectivity and corresponding autonomy as a matter of the near future. As such, the study finds that the opportunities that may stem from learning and context-aware SH platforms are still challenged by technological and conceptual barriers.

## 7 Conclusion and limitations

The present study empirically examined the relevance of technological performance on the adoption of SH platforms based on a qualitative content analysis of interviews with 21 industry experts from 19 companies in the SH field. Managerial implications for platform development and guidance of potential users’ adoption decisions are provided by describing and ranking the technological properties of SH platforms. In particular, extendibility, usability, functionality and flexibility are found to be the most important goals of SH platform design. As for academia, the study successfully applied the Web of System Performance model to a new context highlighting its explanatory power and generalizability. Additionally, the controversies on the functional range and impact of connectivity revealed interesting fields of future research.

The study is bound to several limitations. The insights are based on interviews with industry experts from firms active in the SH field. Though these experts possess customer insights, a more balanced view would additionally be informed directly by consumers as current or potential users. In this

sense, the study could serve as a basis for subsequent studies that relate the present findings to the consumer view. Further, the study reveals two major controversies, i.e., the influence of the functional range and connectivity of a SH platform, which may be caused by the fact that the experts report both on their actual experiences and future expectations. At the same time, a backward-looking perspective could be biased as well since experts are likely to assess adoption factors too positively or too negatively (van de Kaa and de Vries 2015). In this sense, subsequent longitudinal studies may examine the relevance of technology characteristics in later stages of the dominance process. Next, the qualitative approach was appropriate to identify and describe in detail the different relevant facets associated with the technological performance of SH platforms. However, research rigor could be increased by complementing quantitative methods able to test the identified aspects and their relative importance. Finally, other categories that influence users' adoption decisions, like the characteristics of the platform supporter, other stakeholders and the market environment (van de Kaa et al. 2011) should be considered to yield a more comprehensive perspective on platform dominance in the SH field.

## 8 References

- Abernathy WJ, Utterback JM (1978) Patterns of industrial innovation. *Technol Rev* 40–47.
- Aldrich F (2003) Smart homes: Past, present and future. In: Harper R (ed) *Inside the Smart Home*. Springer London, pp 17–36
- Baldwin CY, Woodard CJ (2009) The Architecture of Platforms: A Unified View. In: *Platforms, Markets and Innovation*. Edward Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, Mass, pp 19–44
- Balta-Ozkan N, Davidson R, Bicket M, Whitmarsh L (2013) Social barriers to the adoption of smart homes. *Energy Policy* 63:363–374.
- Barlow J, Venables T (2003) Smart Home, Dumb Suppliers? The Future of Smart Homes Markets. In: Harper R (ed) *Inside the Smart Home*. Springer London, pp 247–262
- BMWi (2011) Monitoring-Report Deutschland Digital 2011 – Der IKT-Standort im internationalen Vergleich. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin, accessible at: <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=461760.html>
- Brdiczka O, Crowley JL, Reignier P (2009) Learning situation models in a smart home. *IEEE Trans Syst Man, Cybern Part B Cybern* 39:56–63.
- Brush AJ, Lee B, Mahajan R (2011) Home automation in the wild: challenges and opportunities. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Vancouver, Canada, pp 2115–2124
- Choudrie J, Dwivedi YK (2005) Investigating the research approaches for examining technology adoption issues. *J Res Pract* 1:Article D1.
- CISCO (2014) ABB, Bosch, Cisco Plan Smart-Home IoT Joint Venture. <http://electronics360.globalspec.com/article/4806/abb-bosch-cisco-plan-smart-home-iot-joint-venture>. Accessed 3 Mar 2015

- Coughlin JF, D'Ambrosio LA, Reimer B, Pratt MR (2007) Older adult perceptions of smart home technologies: Implications for research, policy & market innovations in healthcare. In: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings. pp 1810–1815
- Davidoff S, Lee M, Yiu C (2006) Principles of smart home control. In: Dourish P, Firday A (eds) Ubicomp 2006. Springer-Verlag, Heidelberg, pp 19–34
- Davis FD (1989) Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Q 13:319–340.
- Dedrick J, West J (2003) Why firms adopt open source platforms: a grounded theory of innovation and standards adoption. MISQ Spec Issue Work -Standard Mak A Crit Res Front Informations Syst 236–257.
- DeLone, W. H. and McLean ER (1992) Information Systems Success: The Quest For The Dependent Variable. Inf Syst Res 3:60–95.
- DTAG (2013) Deutsche Telekom launches Qivicon connected home platform. <http://www.telecompaper.com/news/deutsche-telekom-launches-qivicon-connected-home-platform--965357>.
- Edwards W, Grinter R (2001) At home with ubiquitous computing: seven challenges. In: Abowd GD, Brumitt B, Shafer SAN (eds) Ubicomp 2001. pp 256–272
- Gann D, Barlow J, Venables T (1999) Digital Futures: making homes smarter. Chartered Institute of Housing, Coventry
- GOOGLE (2014) Google Acquires Smart Thermostat Maker Nest For \$3.2 Billion. <http://www.forbes.com/sites/aarontilley/2014/01/13/google-acquires-nest-for-3-2-billion/>. Accessed 3 Mar 2015
- Karahanna E, Straub DW, Chervany NL (1999) Information Technology Adoption Across Time: A Cross-Sectional Comparison of Pre-Adoption and Post-Adoption Beliefs. MIS Q 23:183–213.
- King WR, He J (2006) A meta-analysis of the technology acceptance model. Inf Manag 43:740–755.
- Krishnamurti T, Schwartz D, Davis A, et al (2012) Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters. Energy Policy 41:790–797.
- Kynsilehto M, Olsson T, Niemelä M (2010) Issues on user acceptance and experience in smart interoperability environments. In: Proceedings of the 14th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '10. ACM Press, New York, New York, USA, pp 178–182
- Lee J-R, O'Neal DE, Pruett MW, Thomas H (1995) Planning for dominance: a strategic perspective on the emergence of a dominant design. R&D Manag 25:3–15.
- Mahindra E, Whitworth B (2005) The web of system performance: Extending the TAM model. In: Proceedings of Americas Conference on Information Systems. p 173
- Mayring P (2008) Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken, 10th edn. Beltz
- Mitchell WJ (1996) City of Bits: Space, Place, and the Infobahn. The MIT Press, Cambridge

- Murmann JP, Frenken K (2006) Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change. *Res Policy* 35:925–952.
- Nikayin F, Reuver M De (2012) Governance of smart living service platforms: state-of-the-art and the need for collective action. In: *Third International Engineering Systems Symposium CESUN*. Delft, pp 18–20
- Nikayin F, Reuver M De (2011) Motivation for collective action in the smart living business ecosystem. *Mobil 2011 First Int Conf Mob Serv Resour Users* 69–74.
- Peine A (2008) Technological paradigms and complex technical systems—The case of Smart Homes. *Res Policy* 37:508–529.
- Rijsdijk SA, Hultink EJ (2009) How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products \*. *J Prod Innov Manag* 26:24–42.
- Rogers EM (2003) *Diffusion of Innovations*, 5th edn. Free Press, New York
- SAMSUNG (2014) Samsung Acquires SmartThings, A Fast-Growing Home Automation Startup. <http://www.forbes.com/sites/aarontilley/2014/08/14/samsung-smarthings-acquisition-2/>. Accessed 3 Mar 2015
- Solaimani S, Keijzer-Broers W, Bouwman H (2013) What we do - and don't - know about the Smart Home: an analysis of the Smart Home literature. *Indoor Built Environ* 0:1–14.
- Suarez FF (2004) Battles for technological dominance: an integrative framework. *Res Policy* 33:271–286.
- Utterback JM, Abernathy WJ (1975) A dynamic model of process and product innovation. *Omega* 3:639–656.
- Van de Kaa G, de Vries HJ (2015) Factors for winning format battles: A comparative case study. *Technol Forecast Soc Change* 91:222–235.
- Van de Kaa G, van den Ende J, de Vries HJ, van Heck E (2011) Factors for winning interface format battles: A review and synthesis of the literature. *Technol Forecast Soc Change* 78:1397–1411.
- Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD (2003) User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Q* 27:425–478.
- Venkatesh V, Thong JYL, Xu X (2012) Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Q* 36:157–178.
- Vogelsang K, Steinhueser M, Hoppe U (2013) A Qualitative Approach to Examine Technology Acceptance. In: *Proceedings of International Conference on Information Systems*.
- Whitworth B, Fjermestad J, Mahinda E (2006) The web of system performance. *Commun. ACM* 49:92–99.
- Whitworth B, Zaic M (2003) The WOSP Model: Balanced Information System Design and Evaluation. *Commun Assoc Inf Syst* 12:pp. 258–282.
- Zhu K, Kraemer KL, Gurbaxani V, Xu SX (2006) Migration to open-standard interorganizational systems: Network effects, switching costs, and path dependency. *MIS Q* 30:515–539.



# Beyond Conventional Thinking in Highly and Less Digitalized Industries: Hubris as a Driver for Exceptional Decision-Making Logics

Janina Sundermeier<sup>1</sup>, Solveig Bier<sup>1</sup>, and Martin Gersch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Department of Information Systems,  
{janina.sundermeier | s.bier | martin.gersch}@fu-berlin.de

## Abstract

The objective of this study is to determine whether hubristic founders who go beyond conventional thinking apply exceptional decision-making logics as opposed to rational entrepreneurs in highly compared to less digitalized industries. Based on a preliminary study and some existing empirical evidence, it is argued that hubristic founders indeed tend to apply an exceptional decision-making logic that is characterized by an excessive focus to implement once envisioned business models. This casual decision-making approach usually requires relatively stable environmental conditions. Therefore, its application is considered to be particularly exceptional in highly compared to less digitalized industries. The empirical analysis is performed based on a data set of 310 quantitative questionnaires that were completed by founders of startups in Germany, Austria and Switzerland. Surprisingly, there are only minor differences between the decision-making logics of hubristic compared to rational founders overall and in highly digitalized industries in particular. The results of the empirical analysis suggest that prior working and industry experience outweigh the influence of hubris on decision-making approaches. These findings contradict existing research outcomes and guide future research.

## 1 Introduction

Crucial drivers for digital transformation are innovations in the information and communication technology sector that create numerous emerging business opportunities (Veit et al. 2014). In this context, various success stories of fast growing business models were created by entrepreneurs who went beyond conventional thinking. Often, they do not feel constrained by existing market structures but strongly believe in the realization of their own visions. Famous examples are Steve Jobs, Mark Zuckerberg and Oliver Samwer whose achievements were partly triggered by their hubris (Hayward 2007; Kaczmarek 2014). The term hubris refers to a cognitive bias that is characterized by “exaggerated pride or self-confidence, often resulting in retribution” (Hayward and Hambrick 1997, p. 106).

Empirical evidence proves that hubris affects entrepreneurial decision-making processes and leads to exceptional behavior that deviates from normative standards (e.g. Brady and Davies 2010; Forster and Sarasvathy 2007; Kroll et al. 2000). However, the actual decision-making processes were treated as a black-box in existing studies. Therefore, little is known whether hubristic founders also tend to apply exceptional decision-making logics as opposed to rational entrepreneurs. Existing evidence on this subject is still immature and needs further exploration. Based on our preliminary study and some empirical findings in the context of already established organizations (e.g. Chowdhury 2014; Hayward et al. 2004; Kroll et al. 2000), we hypothesize that hubristic founders indeed apply exceptional decision-making logics. In more detail, we argue that they excessively tend to implement their envisioned business models without feeling constraint by externalities (cf. Petit and Bollaert 2012). In order to realize the implementation, they are likely to exploit existing resources and to neglect valuable feedback of consultants, coaches and industry experts. This behavior is characteristic for a causal decision-making logic that is favorable in relatively stable environments (Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001), such as less digitalized industries (Yoo et al. 2010). The results of our preliminary study suggest that the application of this casual decision-making logic is particularly exceptional in highly digitalized industries that are characterized by conditions of rapid change, intensified competition, technological disruption and short innovation cycles (Veit et al. 2014). These conditions rather favor a flexible effectual decision-making logic that enables founders to react flexible on market changes and to adjust their business model on short notice (Sarasvathy 2001).

Additional empirical evidence in this area is necessary to expand scientific knowledge on effects of hubris by focusing on the actual decision-making processes. Moreover, it supports practitioners, such as startup coaches and consultants, to interpret and guide exceptional decision-making logics of founders. Therefore, the objective of this study is to determine whether decision-making logics driven by entrepreneurial hubris can be considered as exceptional as opposed to rational approaches in highly compared to less digitalized industries. The empirical analysis is based on the results of a quantitative questionnaire that was sent out to founders operating in Germany, Austria and the German speaking part of Switzerland.

## **2 Conceptual Framework**

Scientists in various research disciplines aim to understand differences in biased and rational decision-making approaches of founders operating in environments that are characterized by high levels of uncertainty and risk-intensive conditions (e.g. Kahneman and Tversky 1979; Tversky and Kahnemann 1982).

### **2.1 Effects of Hubris in (Uncertain) Entrepreneurial Environments**

Biased approaches driven by hubris are characterized by excessive pride, exaggerated self-confidence and inflated positive self-evaluations (Judge et al. 2009). Affected individuals show specific cognitive and behavioral patterns such as a grandiose sense of themselves, an inflated consideration of themselves above the community of humans, and no feelings of constraint by social rules and laws (Petit and Bollaert 2012). Prior research provides empirical evidence that hubris affects decision-making processes of individuals (e.g. Hayward and Hambrick 1997; Kroll et al. 2000; Li and Tang 2010) as well as organizations (Hermanns 2012; Sundermeier and Gersch 2015). In more detail, it was found that hubris leads to value destroying mergers (Roll 1986), increased

risk taking (Li and Tang 2010), and irrational behavior that can be exemplified by the neglect of actual market conditions (Brady and Davies 2010; Kroll et al. 2000).

Several authors argue that the occurrence of hubris is frequent in uncertain environments, such as entrepreneurial settings, as a result of its dynamic and risk-intensive conditions (e.g. Forster and Sarasvathy 2007; Hayward et al. 2006). Decision-making tasks in these environments are accompanied by time constraints and information overload that influence the cognition of founders to varying degrees (van Knippenberg et al. 2015). In order to be able to launch and operate their startups under these conditions, some founders apply, intentionally and unintentionally, hubris to approach their decisions in uncertain environments (Forster and Sarasvathy 2007; Tversky and Kahnemann 1982). Outcomes of decisions that are driven by hubris are considered as departing from normative standards (Forster and Sarasvathy 2007). However, little is known whether this deviation from normative standards also applies for the decision-making logics of founders.

## **2.2 Entrepreneurial Decision-Making Logics**

According to Sarasvathy (2001), it can be distinguished between two scientific approaches to examine general decision-making processes under uncertainty: (1) traditional normative and rational decision models (e.g. Shapira 2002) and (2) empirical investigations analyzing the limited rationality of decision-makers (e.g. Tversky and Kahnemann 1982). In entrepreneurship research, the majority of scientific publications focuses on the former approaches (Chandler et al. 2011; Frese 2015). Nevertheless, these are qualified by various authors who prove that human beings are bounded in their rationality as a result of cognitive and psychological limitations, such as biases (e.g. Kahneman and Tversky 1979). However, the limited rationality does not necessarily imply irrational behavior but favors, especially in an entrepreneurial context, the use of heuristics (Sarasvathy 2001).

Based on empirical evidence, Sarasvathy (2001) identifies two heuristics for decision-making logics that are referred to as “causation” and “effectuation”. The causation logic is an uni-dimensional construct that is comparable to normative decision models and its application is particularly favorable in stable environments. Causation processes imply a long-term goal orientation, the maximization of expected returns, competitive analyses and the exploitation of existing resources (Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001). Founders following this approach envision their business models upfront and direct their entrepreneurial efforts to achieve their pre-defined objectives. Moreover, entrepreneurial decisions are based on long-term predictions of future environmental developments and founders select business opportunities that are likely to yield the highest expected returns. Therefore, competitive analyses and business planning are conducted in order to efficiently exploit existing resources and to implement the envisioned business model (Chandler et al. 2011; Frese 2015; Sarasvathy 2001).

Effectuation is associated with four sub-dimensions (experimentation, affordable loss, pre-commitments, flexibility) and describes a more flexible decision-making logic that supports founders operating in non-linear and dynamic environments (Frese 2015; Sarasvathy 2001). Regularly conducted experiments with existing resources allow founders to test alternative business opportunities (experimentation) and to adapt their business model on a short notice in order to exploit environmental challenges (flexibility). Besides, business opportunities are evaluated and selected with regard to the monetary loss a newly founded venture is able to afford (affordable loss). Moreover, strategic alliances (pre-commitments) support founders following an effectual approach

to reduce uncertainties, access crucial resources and to raise market entry barriers (Chandler et al. 2011; Frese 2015; Sarasvathy 2001).

For the following discussion, it is important to emphasize that none of the previously introduced decision-making logics can be considered as “better” or “more efficient” (Sarasvathy 2001). Moreover, both logics are not mutually exclusive as they can occur simultaneously but founders usually have certain tendencies in their decision-making approaches (Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001).

### 3 Hypotheses

The results of our literature review indicate that there are no empirical studies examining effects of hubris on entrepreneurial decision-making logics. Existing studies focus exclusively on the outcomes of decisions driven by hubris and aim to determine deviations from normative standards (Forster and Sarasvathy 2007). For several reasons, we argue that these outcomes result from exceptional decision-making logics that differ significantly from rational decision approaches. Firstly, empirical evidence in the context of already established organizations proves that hubris is related to a neglect of actual market conditions (Brady and Davies 2010; Kroll et al. 2000). This behavior is likely to be driven by the fact that hubristic founders do not feel constraint by externalities (cf. Petit and Bollaert 2012). In contrast, rational decision-making approaches are usually influenced to a great extent by externalities, such as market changes, upcoming competition or (technological) disruption (cf. Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001). As a result that these externalities are not taken into consideration by hubristic founders, it is likely that their decision-making logics differ from rational approaches. Secondly, we carried out a preliminary study and conducted several interviews with startup coaches, investors and consultants who interact with newly founded ventures on a regular basis. In various case studies that were reported by the interviewees, it became repeatedly evident that hubristic entrepreneurs follow exceptional decision-making logics that were characterized as “strictly linear” and “radical” compared to rational approaches. Therefore, we argue that not only the outcomes of decision-making processes driven by hubris can be considered as exceptional (Forster and Sarasvathy 2007) but also the applied decision-making logic itself.

H<sub>1</sub>: Hubristic founders tend to apply an exceptional decision-making logic compared to rational founders.

In more detail, we argue that hubristic founders excessively tend to maintain their once taken decisions and apply a decision-making logic that ensures the enforcement of their initial choices. This assumption is supported by a study of Chowdhury (2014) who found that hubris facilitates path dependencies in the context of already established organizations. The results of our preliminary study strengthen the assumption that similar patterns can also be found in the context of newly founded ventures. Several practitioners describe case studies of hubristic founders that excessively tend to implement their envisioned business models without questioning them. This behavior is characteristic for a causal decision-making logic (Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001). A trigger of this behavior is likely to be the grandiose sense that hubristic founders hold about themselves (cf. Petit and Bollaert 2012) and this perception initiates their belief to be perfectly capable to implement their business model.

However, the interviewees of our preliminary study state that they notice the previously described behavior particularly in highly digitalized industries, such as telecommunications, IT, and

information service provider (BMW 2014). We argue that the application of a causal decision-making logic can be perceived as particularly exceptional in highly digitalized industries if the environmental conditions of these industries are taken into consideration. Rational decision approaches in these industries are heavily influenced by conditions of rapid change, intensified competition, technological disruption and short innovation cycles (Veit et al. 2014). Therefore, effectual logics are favored because they enable founders in volatile environments, such as highly digitalized industries, to reduce uncertainties by remaining flexible (Chandler et al. 2011; Sarasvathy 2001). In contrast, we assume that the interviewees consider the hubristic focus on once envisioned business models as less exceptional in less digitalized industries, such as the construction or energy sector (BMW 2014). These industries are characterized as comparatively stable (Yoo et al. 2010) and enable hubristic and rational founders likewise to envision a business concept that is aligned to the prevailing market conditions (Chandler et al. 2011). Therefore, we argue that the manifestation of hubris in less digitalized industries is not primarily expressed through an exceptional decision-making logic. Based on the previous discussion, we argue:

H<sub>1a</sub>: Hubristic founders tend to apply decision-making logics involving particularly causation which is especially exceptional in highly compared to less digitalized industries.

The other side of this argument is that hubristic founders are less likely to experiment with alternative business opportunities since market changes are not perceived as threats for their envisioned business model. Moreover, we argue that the implementation process of their business model is not constrained by externalities (cf. Petit and Bollaert 2012). Therefore, they might not take the affordable loss into consideration but perceive themselves to be perfectly capable to implement envisioned business models. Hence, we perceive effectual decision-making logics as less likely to be applied by hubristic entrepreneurs. Following the previous argumentation, this behavior is likely to be particularly exceptional in highly compared to less digitalized industries:

H<sub>1b</sub>: Hubristic founders tend to apply decision-making logics involving less effectuation which is especially exceptional in highly compared to less digitalized industries.

## 4 Methodology

Existing measures to determine hubris mainly examine the media coverage on executives (Hayward and Hambrick 1997) or compare their predicted and actual performance (Li and Tang 2010). In the context of newly founded ventures, little-known founders and their startups usually do not have sufficient media coverage. Moreover, entrepreneurs are operating in comparatively uncertain conditions and forecasts are very difficult to make. Hence, a comparison of their actual and predicted performance would be heavily biased. Therefore, the data for this study was collected through an online survey that was sent out to approximately 4.500 founders. This approach allows us to measure hubris directly using the concept of core self-evaluations (Hiller and Hambrick 2005; Judge et al. 2003).

### 4.1 Sample and Data Collection

The data collection was divided into a two-step process. Firstly, we conducted several semi-structured interviews with startup coaches, consultants and investors who interact with newly founded ventures on a regular basis. The purpose of the interviews was to inform and design our quantitative study with a focus on exceptional entrepreneurial behavior driven by hubris. Based on the information provided, we found that hubris seems to have crucial effects on entrepreneurial

decision-making logics. After reviewing relevant literature in this field, we deducted respective hypotheses. Secondly, we collected data for our quantitative study that is based on a sample of founders that are currently running or about to launch a startup company with the following characteristics: innovative business model, growth-oriented and rapidly growing, little or no seed capital, not yet established or launched before a maximum of 8 years (cf. Fallgatter 2007). For the data collection, a questionnaire was developed and initially tested in a pilot study with 10 colleagues and founders that we retrieved from our personal networks. The participants were asked to fill out the questionnaire and to comment on unclear or misleading passages. Afterwards, the questionnaire was improved based on the provided feedback and translated into English with the help of a native English-German speaker.

The final questionnaire was distributed online in German and English via the software “SoSci Survey” to founders in Germany, Austria and the German-speaking part of Switzerland in May and June 2015. The cover letter included a description of the objectives of the study as well as ourselves, a link to the survey and the offer to provide an overview of our final results. In order to reduce the response bias, the objective of this study was mentioned as an examination of decision-making processes in newly founded ventures.

Approximately 4.500 emails have been send out to founders. Their email addresses were manually retrieved from our personal networks or public websites such as “deutsche-startups.de” and “gruenderszene.de” as well as public webpages of business incubators, local entrepreneurship initiatives, business plan competitions, and directories of founders. In total, 521 founders (~11.58%) participated in the survey. However, only data sets that met the following four criteria were included into the analysis: (1) questionnaire was fully completed, (2) startup was founded after 2007 or is about to be launched, (3) startup is located in Germany, Austria or Switzerland, and (4) innovative and growth-oriented business models. The exclusion of questionnaires based on these criteria led to a total of 310 data sets (6.8%) considered for the analysis.

## 4.2 Operationalization

For the operationalization of the central variables, we used measures that were retrieved from current discussions and evidence in scientific literature.

### Independent Variables: Hubris, Digitalization

Following the discussion of Hiller and Hambrick (2005), we used the construct of (hyper-) core self-evaluations (CSE) to measure *hubris*. This construct encompasses the fundamental evaluations that individuals have about themselves with regard to their perceived self-esteem, self-efficacy, locus of control and emotional stability (Judge et al. 2003; Hiller and Hambrick 2005). For this self-assessment, a 12-item scale was developed by Judge et al. (2003). The conceptual discussions of Hiller and Hambrick (2005) point out that an extraordinary high level of CSE aligns to hubris. In order to be able to capture very high CSE values, we followed the suggestions of the authors and used a 7-point Likert scale. Therefore, the CSE values that could possibly be achieved range between a minimum of 12 points and a maximum of 84 points. We considered founders who reach a CSE value with 90% or more of the possible points ( $\geq 76$ ) as hubristic. At the end of the questionnaire, the founders were asked to provide information on the industry they are operating in. The classification of industries into high and less *digitalized* industries was based on the rating of the BMWI (2014).

**Dependent Variables: Causation and Effectuation**

*Causation* is a well-defined and coherent uni-dimensional construct whereas *effectuation* is associated with the previously introduced sub-dimensions experimentation, affordable loss, flexibility and pre-commitments (cf. section 2.2). Respective scales to assess causal and effectual decision-making processes were developed by Chandler et al. (2011) and are approved in terms of validity and reliability in various studies (e.g. Frese 2015).

**Control Variables: Entrepreneurial Experience, Industry Experience**

As indicated by Sarasvathy (2001), the experience of founders has a crucial impact on their decision-making approaches. Therefore, we intent to control the influence of existing entrepreneurial and industry experience of founders on their applied decision-making logics. In order to measure their general entrepreneurial experience, the founders were asked to state if they already had launched a venture before. For this purpose, a binary variable was used. In addition, the industry experience of the founders was determined. Therefore, a variable with the following five values, which represent the duration of the experience gained by the founders, was used: [1] 0 years, [2] up to half a year, [3] more than half a year and up to 1 year, [4] more than 1 year and up to 2 years, [5] more than 2 years.

## **5 Analysis & Discussion**

The results of the empirical analysis are summarized in the following.

### **5.1 Descriptive Statistics**

All of the 310 data sets that were used for the analysis were delivered by 81% male and 18% female founders with an average age of 35 years. Moreover, 86% of the founders are university graduates and 91% of their companies were founded during the last 5 years. Hence, 52% are in a growth phase while 19% are about to and another 29% recently launched their ventures. The clear majority of 83% stated that their ventures are founded through own resources. Interestingly, more than half of the participants (58%) have gained more than two years of employed working experience before they launched their own ventures in the same industry. Besides, 123 (40%) of the founders are serial entrepreneurs and 43% of their previously founded ventures are still operating. 189 founders stated that they are operating in highly (IT and information service provider, finance, insurance) and 121 in less (real estate, manufacturing, transport, energy) digitalized industries. Moreover, 64 (21%) of all participants are considered as hubristic because they reach “hyper” core self-evaluations (CSE) (cf. section 4.2). Beside the distinct self-evaluations, there are no significant differences in terms of demography or startup characteristics between hubristic and rational founders.

### **5.2 Explorative Statistics**

As a first step of the explorative data analysis, the reliability of the deployed scales was assessed. The results indicate a satisfying reliability as a result that the values of the Cronbach’s alpha exceed the recommended threshold value of 0.7 for all scales (Nunnally and Bernstein 1978), except from flexibility. However, the later value (0.596) is just about acceptable taken the following reasons into consideration: (1) the superordinate construct “effectuation” can be considered as reliable (0.74) and prior studies already approved the measure (cf. Chandler et al. 2011; Frese 2015), (2) the item-total correlation indicates that the exclusion of one item does not improve the Cronbach’s

alpha value, but (3) it is the small number of items that influences the values of the Cronbach's alpha negatively (Nunally and Bernstein 1978). Therefore, it was decided that the analysis is performed with the available data set.

The second step of the explorative data analysis involves the conduction of a one-sided t-test to compare decision-making logics of hubristic and rational founders in order to determine exceptional approaches. In more detail, the t-test is used to determine whether two groups belong to the same or different populations based on a comparison of their respective mean values. A difference between the populations implies that the null hypothesis, stating that the mean values of both groups are equivalent, can be rejected. In our case, this holds true at a significance level of 5% if the t-value exceeds the critical value of 1,645 ( $t\text{-value} > |1,645|$ ). The results of the one-sided t-test are summarized in table 1.

	<b>Rational (n=246)</b>	<b>Hubris (n=64)</b>	<b>t-stat</b>	<b>p-value</b>
<b>Causation</b>	M= 24.87 SD= 6.677	M=26.56 SD=7.225	-2.353	0.038*
<b>Effectuation</b>	M= 44.46 SD= 6.831	M= 43.89 SD= 6.740	0.592	0.277
<i>Experimentation</i>	M= 11.34 SD= 3.685	M= 10.42 SD= 4.147	1.732	0.042*
<i>Affordable Loss</i>	M= 11.37 SD= 2.948	M= 11.86 SD= 3.065	-1.164	0.123
<i>Flexibility</i>	M= 15.83 SD= 2.466	M= 15.92 SD= 3.082	-0.232	0.409
<i>Pre-Commitments</i>	M= 5.91 SD= 2.166	M= 5.69 SD= 2.288	0.739	0.231

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,1$

**Table 1: One-Sided T-Test – Comparing Rational and Hubristic Decision-Making Logics.**

Surprisingly, there are only minor differences in the decision-making logics of hubristic compared to rational founders and it is hardly possible to determine exceptional approaches. The comparison of mean values yields significant differences for “causation” ( $t = -2.353$ ,  $p = 0.038$ ) and “experimentation” ( $t = 1.732$ ,  $p = 0.042$ ). The results indicate that hubristic founders ( $M = 26.56$ ,  $SD = 7.225$ ) tend to decision-making logics involving higher levels of “causation” compared to rational founders ( $M = 24.87$ ,  $SD = 6.677$ ). Besides, hubristic founders ( $M = 10.42$ ,  $SD = 4.147$ ) apply lower levels of “experimentation” as opposed to rational founders ( $M = 11.34$ ,  $SD = 2.948$ ). However, the overall differences between the mean values are comparatively small and cannot be considered as exceptional. Therefore, we are not able to confirm H1 with the present data set.

As a third step of data analysis, we conduct another one-sided t-test in order to compare decision-making logics of hubristic and rational founders in highly and less digitalized industries. The results are displayed in table 2. Similar to the former findings, there are only moderate differences between the mean values of both groups and exceptional approaches of hubristic founders can only be determined for “causation” in less digitalized industries. However, there are no significant differences in the decision-making processes of hubristic and rational founders in highly digitalized industries at all. Therefore, we do not find support for neither  $H_{1a}$  nor  $H_{1b}$ . Apart from the hypotheses, the comparison of mean values for founders operating in less digitalized industries yields significant differences for “causation” ( $t = -2.969$ ,  $p = 0,002$ ) and “experimentation” ( $t = 2.052$ ,



$p = 0,021$ ). The results indicate that hubristic founders in less digitalized industries tend to exceptional decision-making processes in terms of approaches that involve higher levels of causation ( $M = 28.57$ ,  $SD = 5.390$ ) compared to rational founders ( $M = 24.88$ ,  $SD = 5.135$ ) in the same industry. Moreover, hubristic founders ( $M = 9.00$ ,  $SD = 4.243$ ) in less digitalized industries tend to decision-making processes involving lower levels of “experimentation” compared to rational founders ( $M = 10.93$ ,  $SD = 3.849$ ). However, the differences between the later values again are too small to be considered as exceptional.

	Highly Digitalized Industries				Less Digitalized Industries			
	Ration. (n=146)	Hubris (n=43)	t-stat	p-value	Ration. (n=100)	Hubris (n=21)	t-stat	p-value
<b>Causation</b>	M= 24.87 SD= 4.676	M=25.58 SD=6.103	-0.815	0.416	M= 24.88 SD= 5,135	M= 28.57 SD= 5,390	-2.969	0.002*
<b>Effectuation</b>	M= 44.42 SD= 6.831	M= 44.35 SD= 6.740	-0.064	0.949	M= 44.50 SD= 6,480	M= 42.95 SD= 8.225	0.948	0.1725
<i>Experimen.</i>	M= 11.62 SD= 3.555	M= 11.12 SD= 3.965	-0.800	0.425	M= 10.93 SD= 3,849	M= 9.00 SD= 4,243	2.052	0.021*
<i>Affordable Loss</i>	M= 11.18 SD= 3.065	M= 11.53 SD= 3.247	-0.649	0.517	M= 11.65 SD= 2,761	M=12.52 SD= 2.600	-1.331	0.185
<i>Flexibility</i>	M= 15.89 SD= 2.530	M= 16.05 SD= 2.716	-0.350	0.727	M= 15.73 SD= 2.378	M= 15.67 SD= 3.786	0.074	0.942
<i>Pre- Commitments</i>	M= 5.73 SD= 2.116	M= 5.65 SD= 2.213	0.202	0.840	M= 6.19 SD= 2.219	M= 5.76 SD= 2.486	0.787	0.433

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,1$

**Table 2: One-Sided T-Test – Comparing Rational and Hubristic Decision-Making Logics in Highly and Less Digitalized Industries.**

In order to explore possible explanations of our non-findings for the derived hypotheses, we conducted a one-factor analysis of variance (ANOVA) as a forth step of data analysis. The overall objective of the ANOVA is to determine whether other factors, besides hubris, have an influence on the decision-making approaches of the entrepreneurs in our sample. The ANOVA reveals significant differences ( $p < 0.05$ ) between the mean scores of “entrepreneurial experience” ( $p = 0.028$ ) as well as “industry experience” ( $p = 0.049$ ) and “causation”. With regard to effectual decision-making approaches, the results indicate no significant influence of “entrepreneurial experience” ( $p = 0.937$ ) and “industry experience” ( $p = 0.843$ ) on “effectuation”. Moreover, it is found that there is no significant influence of “digitalization” neither on “effectuation” ( $p = 0,824$ ) nor “causation” ( $p = 0,416$ ). Hence, the minor differences found for causation between hubristic and rational founders in less digitalized industries cannot be explained by the degree of digitalization. Besides, the results of the ANOVA indicate significant differences between the mean scores of “hubris” for “causation” ( $p = 0.019$ ) but not for “effectuation” ( $p = 0.554$ ).

### 5.3 Discussion

With regard to our hypotheses, we are, unfortunately, neither able to confirm that hubris leads to exceptional decision-making logics overall nor in highly digitalized industries in particular. Truly exceptional behavior is only determined for hubristic founders in less digitalized industries who tend to decision-making logics that involve considerably higher levels of causation compared to

rational approaches (cf. table 2). These results are contradictory in comparison to existing scientific evidence that hubristic behavior is overall expressed through a deviation from normative standards (Forster and Sarasvathy 2007). Possible explanations for these findings are discussed in the following.

*Firstly*, the results of our ANOVA analysis provide an explanation why overall no exceptional decision-making approaches were determined in our sample (cf. table 1). The outcomes indicate that other factors besides hubris, namely entrepreneurial and industry experience, have an impact on the application of causal decision-making logics. This finding is in line with previous assumptions of Sarasvathy (2001) who states that casual decision-making logics are rather applied by experienced entrepreneurs. Since the decision-making approaches of hubristic and rational entrepreneurs do not differ significantly, it is likely that previously gained experiences have a greater impact on the application of causal decision logics than hubris does. The importance of these factors regarding their impact on decision-making logics and venture performance was also determined in a recent study by Hmielski et al. (2015). In terms of effectuation, the results of the t-tests and ANOVA both indicate that hubris does not have a significant influence on the application of effectual decision logics. *Secondly*, it is surprising that exceptional decision-making approaches were determined for hubristic founders in less digitalized industries. However, the results of the ANOVA analysis indicate that “digitalization” does not have a significant influence on decision-making logics. Therefore, the results are likely to be explained by the following reason. *Thirdly*, it is likely that the design of our study is subject to some limitations that influence the outcomes of the empirical analysis. This might be for example the population size of the hubristic entrepreneurs that displays only a small section of the entire population. Moreover, the approach to measure hubris through the self-evaluations of individuals is quite novel and further empirical evidence is required to determine the validity of the CSE-scale in terms of capturing hubris. In the majority of scientific studies, hubris is determined by third (external) parties based on a comparison between exceptional and rational behavior. Through the self-evaluations, however, individuals are enabled to draw a (rational) picture of themselves that might be favorable but does not capture their actual behavior.

## 6 Conclusion, Limitations and Future Research

The objective of this study is to analyze decision-making logics of entrepreneurs who go beyond conventional thinking because of hubris. In more detail, we compare decision-making logics of hubristic and rational entrepreneurs in order to determine whether hubris is a driver of exceptional decision-making approaches in highly compared to less digitalized industries. For this purpose, a quantitative study was designed based on existing scientific evidence and a preliminary study that involved several interviews with startup coaches, consultants and investors. In contrast to our hypotheses, we are not able to confirm that hubristic founders apply exceptional decision-making logics opposed to rational approaches overall ( $H_1$ ) or in highly digitalized industries in particular ( $H_{1a} + H_{1b}$ ). In contrast to existing evidence in this area (cf. Brady and Davies 2010; Kroll et al. 2000; Petit and Bollaert 2012), we found that various factors, such as prior working and industry experience, overweight the influence of entrepreneurial hubris on decision-making logics.

The present study is subject to several limitations that should be considered in future research. *Firstly*, we assume that our participants are either driven by hubris or act rational otherwise. Further empirical evidence is required to determine whether the core-self evaluations of individuals do also reveal other cognitive biases, such as optimism or overconfidence, in order to control their impact.

*Secondly*, we did not determine the validity of the CSE-scale as a measure of hubris but relied on the, widely accepted and frequently cited, conceptual discussions of Hiller and Hambrick (2005). However, further empirical evidence regarding its validity is required. *Thirdly*, our current empirical analysis focuses exclusively on the impact of hubris on decision-making logics and additional factors that potentially influence this relationship are neglected. Therefore, future empirical evaluations need to run regression analyses in order to control additional factors that influence decision-making logics. In this context, it is also necessary to take demographics into consideration. It is conceivable that the effects of hubris on decision-making logics vary in different entrepreneurial ecosystems or even between male and female entrepreneurs.

## 7 References

- BMWi (2014) Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2014: Innovationstreiber IKT. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/monitoring-report-digitale-wirtschaft-2014-langfassung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>. Downloaded on 26.09.2015
- Brady T, Davies A (2010) From Hero to Hubris: Reconsidering the Project Management of Heathrow's Terminal 5. *International Journal of Project Management* 28(2):151–157
- Chandler GN, Detienne DR, McKelvie A, Mumford TV (2011) Causation and Effectuation Processes: A Validation Study. *Journal of Business Venturing* 26(3):375–390
- Chowdhury SD (2014) Strategic Roads that Diverge or Converge: GM and Toyota in the Battle for the Top. *Business Horizons* 57(1):127–136
- Fallgatter M (2007) Junge Unternehmen: Charakteristika, Potenziale, Dynamik. Kohlhammer Verlag, Stuttgart
- Forster WR, Sarasvathy SD (2007) When Hubris is good: An Error Based Theory of Entrepreneurial Overconfidence. Working Paper, Darden Graduate School of Business, University of Virginia.
- Frese T (2015) Entscheidungsfindung unter Unsicherheit im Kontext der Unternehmensgründung. Springer-Gabler, Wiesbaden
- Hayward M, Hambrick DC (1997) Explaining the Premiums Paid for Large Acquisitions: Evidence of CEO hubris. *Administrative Science Quarterly* 42(1):103–127
- Hayward M, Rindova VP, Pollock TG (2004) Believing One's Own Press: The causes and Consequences of CEO celebrity. *Strategic Management Journal* 25(7):637–653
- Hayward M, Shepherd DA, Griffin D (2006) A Hubris Theory of Entrepreneurship. *Management Science* 52(2):160–172
- Hayward M (2007) Ego check: Why Executive Hubris is Wrecking Companies and Careers and how to avoid the Trap. Kaplan Publishing, Chicago, IL USA
- Hermanns P (2012) Organizational Hubris–Aufstieg und Fall einer Celebrity Firm am Beispiel der CargoLifter AG. Kölner Wissenschaftsverlag, Berlin
- Hiller NJ, Hambrick DC (2005) Conceptualizing Executive Hubris: The Role of (Hyper-) Core Self-Evaluations in Strategic Decision-Making. *Strategic Management Journal* 26(4):297–319

- Hmieleski KH, Carrl JS, Robert AB (2015) Integrating Discovery and Creation Perspectives of Entrepreneurial Action: The Relative Roles of Founding CEO Human Capital, Social Capital, and Psychological Capital in Contexts of Risk versus Uncertainty. *Strategic Entrepreneurship Journal* (early view)
- Judge TA, Erez A, Bono JE, Thoreson CJ (2003) The Core Self-Evaluations Scale: Development of a Measure. *Personnel Psychology* 56(2):303–332
- Judge TA, Piccolo RF, Kosalka T (2009) The Bright and Dark Sides of Leader Traits: A Review and Theoretical Extension of the Leader Trait Paradigm. *The Leadership Quarterly* 20(6):855–875
- Kaczmarek J (2014) Die Paten des Internets: Zalando, Jamba, Groupon - wie die Samwer-Brüder das größte Internet-Imperium der Welt aufbauen. FinanzBuch Verlag, München
- Kahneman D, Tversky A (1979) Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*:263–291
- Kroll MJ, Toombs LA, Wright P (2000) Napoleon's Tragic March Home from Moscow: Lessons in Hubris. *The Academy of Management Executive* (1993-2005) 14(1):117–128
- Li J, Tang Y (2010) CEO Hubris and Firm Risk Taking in China: The Moderating Role of Managerial Discretion. *Academy of Management Journal* 53(1):45–68
- Nunnally JC, Bernstein IH (1978) Psychometric theory. McGraw Hill, USA
- Petit V, Bollaert H (2012) Flying too Close to the Sun? Hubris among CEOs and How to Prevent it. *Journal of Business Ethics* 108(3):265–283
- Roll R (1986) The Hubris Hypothesis of Corporate Takeovers. *The Journal of Business* 59(2):197–216
- Sarasvathy SD (2001) Causation and Effectuation: Toward a Theoretical Shift from Economic Inevitability to Entrepreneurial Contingency. *Academy of Management Review* 26(2):243–263
- Shapira Z (2002) Organizational Decision Making. Cambridge University Press, United Kingdom
- Sundermeier J, Gersch M (2015) Organizational Hubris in Entrepreneurial ICT-Settings. In: Thomas O, Teuteberg, F. (Hrsg) Tagungsband der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik: Smart Enterprise Engineering. Osnabrück
- Tversky A, Kahnemann D (1982) Judgement and Uncertainty: Heuristics and Biases. In: Kahnemann D, Slovic P (eds) Judgment Under Uncertainty. Cambridge University Press, New York, pp 3–20
- van Knippenberg D, Dahlander L, Haas MR, George G (2015) Information, Attention, and Decision Making. *Academy of Management Journal* 58(3):649–657
- Veit D, Clemons E, Benlian A, Buxmann P, Hess T, Kundisch D, Leimeister JM, Loos P, Spann M (2014) Business Models: An Information Systems Research Agenda. *Business & Information Systems Engineering* 6(1):45–53
- Yoo Y, Henfridsson O, Lyytinen K (2010) Research Commentary: The new Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Research* 21(4):724–735

## **Teilkonferenz**

### **Unternehmenssoftware – quo vadis?**

Der Trend der letzten Jahre mit Blickpunkt betrieblicher Anwendungssysteme (wie z.B. ERP-Systeme) zeigt deutlich einen Zuwachs an architektonischer Flexibilität und damit gleichzeitig eine gewisse Abkehr von ganzheitlichen Ansätzen (Abdeckung aller Funktionen mit einem Anwendungssystem). Anwenderunternehmen unterstützen jetzt wieder vermehrt einzelne Bereiche durch separate, stark bereichs- oder aufgabenspezifische Systeme. Daraus resultieren heute wieder, trotz vieler Konsolidierungsanstrengungen in der Vergangenheit, recht heterogene und komplexe Softwarelandschaften bestehend aus verschiedenen Unternehmenssoftwarearten und -bausteinen (CRM, SRM, SCM, funktionsorientierte Komponenten) mit hohen Integrationsanforderungen untereinander und in technologisch sowie benutzerseitig anders ausgerichtete Softwarewelten hinein (Groupware, Social Media). Berücksichtigt man zudem noch die Möglichkeiten neuer Betriebsmodelle aus der Cloud („on demand“, „as a service“), führt dies zwar wiederum zu neuen Flexibilisierungspotenzialen, deren Hebung in komplexen Landschaften mit hohen Integrationsanforderungen jedoch nicht leicht zu realisieren ist. Anforderungen, die auf diesem Wege nicht erfüllbar sind, werden häufig durch Schatten-IT abgedeckt. Für viele Anwenderunternehmen stellen diese Themenfelder daher mehr denn je eine Herausforderung und auch eine große Hürde dar.

Die Teilkonferenz umfasst fünf Beiträge, die aus 12 Einreichungen ausgewählt wurden. Sie beschäftigen sich mit dem Status-Quo von Anwenderunternehmen, mit Integrationsplattformen, Schatten-IT und Usability-Fragestellungen und sollen zu weitergehenden Diskussionen bezüglich der zukünftigen Entwicklung von Unternehmenssoftware anregen.

*Christian Leyh, Susanne Strahringer*

(Teilkonferenzleitung)



# **Status Quo der Digitalisierung deutscher Industrieunternehmen – Eine Studie ausgewählter Unternehmen**

**Katja Bley<sup>1</sup> und Christian Leyh<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Informationssysteme in Industrie und Handel, [katja.bley@tu-dresden.de](mailto:katja.bley@tu-dresden.de), [christian.leyh@tu-dresden.de](mailto:christian.leyh@tu-dresden.de)

## **Abstract**

Im Zuge der Digitalisierung verschwimmt die Abgrenzung wertschöpfender und unterstützender Prozesse immer weiter, wodurch eine Transformation von ursprünglich nachgelagerten Prozessen zu einem ganzheitlichen Wertschöpfungsnetzwerk erfolgt. Um sich dieser Entwicklung stellen zu können, ist es für Unternehmen unabdingbar, passende Informations- und Kommunikationstechnik einzusetzen. Dabei existieren bereits mehrere Studien, die sich mit der Thematik der Digitalisierung in Deutschland beschäftigen. Jedoch fehlt es diesen Studien an regionaler Spezifität. Oftmals werden bei weitumfassenden Studien die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Wirtschaftsregionen in Deutschland nicht spezifisch genug betrachtet und es werden zu allgemeine Aussagen über den Digitalisierungsstand getroffen. Dies aufgreifend wurde eine Studie durchgeführt mit dem Ziel, den Digitalisierungsstand der ca. 2.300 in der Region Dresden ansässigen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes zu erfassen. Auf Basis dieser Ergebnisse sollen Rückschlüsse gezogen werden, welcher Informationsbedarf und Entwicklungsbedarf in dieser Region benötigt wird.

## **1 Motivation und Problemstellung**

Seit jeher bildet der industrielle Produktionssektor für Deutschland eines der wichtigsten Standbeine in Bezug auf die wirtschaftliche Wertschöpfung. Dabei wurde und wird auch weiterhin dieser Sektor im Laufe der wirtschaftlichen Entwicklungen zunehmend mit Herausforderungen konfrontiert. Eine dieser Herausforderungen, denen sich Unternehmen aktuell gegenübersehen, ist das Themenfeld der Digitalisierung des Unternehmens und der Unternehmensprozesse. Weltweite digitale Vernetzung, Automatisierung einzelner oder gar aller Geschäftsprozesse und die Umstrukturierung bestehender Geschäftsmodelle sind nur einige wenige Auswirkungen, die im Zusammenhang mit der Digitalisierung zu nennen sind. Längst ist die fortschreitende Digitalisierung der Gesellschaft auch im Alltag der Industrieunternehmen angekommen. Diese Veränderungen, denen sich die Unternehmen stellen müssen, sind enorm und nicht mehr alleine auf Branchen beschränkt, die durch ihre Produkte oder Dienstleistungen auf moderne Technik angewiesen sind. Vielmehr ist darunter eine zunehmende Transformation sämtlicher industrieller Geschäftsprozesse zu verstehen, der sich die Unternehmen unterziehen müssen, um weiterhin

wettbewerbsfähig bleiben zu können. Die Bereiche dieser Veränderungen sind vielfältig: angefangen bei dem Einsatz von Enterprise Resource Planning (ERP)-Systemen zur ganzheitlichen Unterstützung und Planung von betriebswirtschaftlichen Abläufen im Unternehmen, über die Erhöhung der Präzision von Fertigungstechniken mit Hilfe von Computer-Aided-Design (CAD)-, Computerized-Numerical-Control (CNC)- und Computer-Aided-Manufacturing (CAM)-Programmen bis zur zunehmenden Vernetzung der klassischen horizontalen Wertschöpfungskette hin zu einem komplexen Wertschöpfungsnetzwerk (BDI und Berger 2015). Dabei geht häufig mit dem Verständnis von Digitalisierung in den Unternehmen die Vorstellung der Kostenreduktion und Effizienzsteigerung einher (Commerzbank AG 2015). So können beispielsweise vernetzte Unternehmen ihre Lieferketten synchronisieren und sparen dadurch erheblichen Zeit- und Logistikaufwand (BDI und Berger 2015). Die Digitalisierung bietet zahlreiche Ansätze zur Automatisierung von Arbeitsabläufen, Senkung von Transaktionskosten oder Steigerung der Flexibilität im Umgang mit Kunden und Geschäftspartnern (BMW 2014). Die besondere Herausforderung für Unternehmen besteht allerdings darin, die zunehmende Verflechtung von virtuellen, digitalen Programmen und realen Dingen bzw. Produkten in ihrem Geschäftsalltag zu erkennen, um anschließend die Prozesse anpassen, erweitern oder optimieren zu können (Schlick et al. 2014). Im Zuge der Digitalisierung verschwimmt die Abgrenzung wertschöpfender und unterstützender Prozesse immer weiter, wodurch eine Transformation von ursprünglich nachgelagerten Prozessen zu einem ganzheitlichen Wertschöpfungsnetzwerk erfolgt (BDI und Berger 2015). Um sich dieser Entwicklung stellen zu können, ist der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik unabdingbar.

Lange betrafen derartig starke Veränderungen vornehmlich Großunternehmen, vor allem da die Implementierung dieser „Trendthemen“ wie Industrie 4.0, Big Data oder Cloud Computing von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) oft als zu komplex und teuer angesehen und teilweise auch als nicht relevant eingestuft wurde (Wirtschaftsrat der CDU e.V. 2014). Allerdings bleibt die Digitalisierung mittlerweile nicht mehr nur auf Großunternehmen beschränkt und betrifft auch nicht nur einzelne Funktionsbereiche wie die IT innerhalb der Unternehmen, sondern zieht sich vielmehr durch die gesamte Wertschöpfungskette der Unternehmen. Die Vorteile liegen auch für KMU in einem profitablen Wachstum durch neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Durch digitale Technik können Kosten gespart und das Unternehmen kann in seinem Wirtschaften effizienter werden. Zulieferer und vor allem Kunden sind rund um die Uhr und weltweit erreichbar und können darüber hinaus ganz gezielt durch Social Media angesprochen werden. Ebenso kann die Werbewirkung von Marketingmaßnahmen durch entsprechende Software gemessen und ausgewertet werden, wodurch ein schnelleres und besseres Optimieren und Reagieren möglich wird. Diese Vorteile realisierend, öffnen sich auch vermehrt KMU der Digitalisierung und versuchen, ihre Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle in Richtung Digitalisierung umzugestalten.

Bereits mehrere Studien haben sich dabei mit der Thematik der Digitalisierung in Deutschland beschäftigt. Beispielsweise hat Deloitte (2013) in einer Studie durch Befragung von 41 Mittelstandsunternehmen deren Digitalisierungsgrad dargestellt und anhand von Expertengesprächen mögliche Trends aufgezeigt. Der Deutsche Industrie- und Handelskammertag untersuchte in einer deutschlandweiten Umfrage die Digitalisierung von Unternehmen verschiedener Branchen (DIHK 2014). Der Bundesverband Deutscher Industrie e.V. (BDI) hat 2015 in Zusammenarbeit mit Roland Berger (BDI und Berger 2015) eine Studie über die Ursachen und Wirkungen der Digitalen Transformation auf die deutsche Industrie erstellt. Ebenso existiert vom BDI selbst eine Agenda über den Stand der Digitalisierung der deutschen Industriebranche im Vergleich zu internationalen



Konkurrenzmärkten mit politischen und wirtschaftlichen Handlungsempfehlungen (BDI 2015). Es mangelt also nicht an der Erkenntnis über die Aktualität dieses Themas. Jedoch fehlt an dieser Stelle die Kenntnis über den Digitalisierungsstand von Industrieunternehmen in spezifischen Regionen. Oftmals werden bei weitumfassenden Studien die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Wirtschaftsregionen in Deutschland nicht spezifisch genug betrachtet und es werden zu allgemeine Aussagen über den Digitalisierungsstand getroffen. Doch nur wenn diese unterschiedlichen Ausprägungen der Digitalisierung in den verschiedenen Regionen bekannt sind, kann von Seiten der öffentlich-rechtlichen Körperschaften auf die gesonderten Bedürfnisse dieser Unternehmen eingegangen werden.

Dies aufgreifend wurde in Zusammenarbeit mit der Industrie- und Handelskammer (IHK) Dresden eine Studie erarbeitet und durchgeführt, deren Ziel es war, den Digitalisierungsstand der ca. 2.300 ansässigen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes zu erfassen, um mögliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Unternehmen, vor allem bezogen auf die KMU der Region geben zu können. Daraus resultiert die zentrale Forschungsfrage dieses Beitrags:

***Wie digitalisiert sind die kleinen und mittleren Industrieunternehmen in der Region Dresden?***

Um diese Frage zu beantworten, ist der Beitrag wie folgt aufgebaut. Sich anschließend an diese Themenhinführung wird der Studien- und Fragebogaufbau dargelegt, bevor ausgewählte Ergebnisse der Befragung erläutert werden. Abschließend wird der Artikel durch eine zusammenfassende Diskussion abgerundet.

## **2 Studien- und Fragebogendesign**

### **2.1 Aufbau des Fragebogens**

Die zu beantwortende Forschungsfrage im Hinblick auf die Digitalisierung von kleinen und mittleren Industrieunternehmen in der Region Dresden soll Aufschluss über das Nutzungsverhalten und Verständnis der Unternehmen in Bezug auf Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) geben. Diese Technologien werden im Rahmen der Studie als grundlegende Treiber der Digitalisierung angesehen und somit als charakteristisches Merkmal bei der Bewertung des Digitalisierungsgrades der Unternehmen identifiziert. Zur Erforschung des Digitalisierungsgrades ist es daher notwendig, die bereits vorhandene, geplante und auch die nicht vorgesehene „Ausstattung“ der Unternehmen zu erheben. Diese Infrastruktur besteht einerseits aus der Hard- und Software zur Verarbeitung sowie Speicherung und Kommunikation (technischer Aspekt), aber auch aus den entsprechenden Fachkräften und Dienstleistungen, die für die einwandfreie Funktionalität benötigt werden (organisatorischer Aspekt) (Krcmar 2010). Dafür war es im Vorfeld notwendig zu definieren, welche Aufgaben die IKT im Unternehmensumfeld wahrnehmen kann. Wendt et al. (2004) unterscheiden drei verschiedene Wirkungsbereiche in Unternehmen: die IKT-Nutzung, das IKT-Management und den IKT-Service. An zwei dieser Bereiche ist auch die Auswertung der Forschungsfrage angelehnt (vgl. hier und im Folgenden: Wendt et al. 2004). Der IKT-Service bildet den ersten strategischen Gliederungspunkt. Zu ihm werden alle Aspekte der physischen Bereitstellung und fortwährenden Funktionssicherung der Technologie gezählt. Bezogen auf die Befragung der Unternehmen fallen darunter Informationen über die bestmögliche Handhabung der Ressourcen durch Personal, System sowie Softwarewartungen. Unter der IKT-Nutzung werden alle Aufgaben der IKT zusammengefasst, die die Planung, Steuerung und Kontrolle der Produktions- und Geschäftsprozesse unterstützen. Ebenso ermöglicht sie die interne

und externe Kommunikation und Koordination. Übertragen auf die Studie wird anhand der Befragung auf die in den Unternehmen genutzte Hard- und Software eingegangen, auf spezifischen Anwendungssysteme sowie die Nutzung von anderen Programmen zur Unterstützung der Geschäftstätigkeit. Das IKT-Management, welches ebenfalls bei Wendt et al. (2004) erwähnt wird, beschäftigt sich mit der Koordination und der Aufbauplanung des Informations- und Kommunikationssystems. Dieses eher technische Themenfeld findet im Rahmen der durchgeführten Studie jedoch keine Betrachtung.

Insgesamt umfasst der Fragebogen 18 Fragen und wurde in die folgenden fünf inhaltlichen Schwerpunkte untergliedert: *Allgemeine Angaben zum Unternehmen; Hard- und Software-Nutzung; Internet und Vernetzung; Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien und Eigener Informationsbedarf der Unternehmen.*

Bei der Formulierung der Fragen wurde darauf geachtet, dass die Neutralität gewährleistet ist und Fragen keinerlei Wertungen enthalten (Moosbrugger und Kelava 2012). Es wurde eine allgemeingültige Fachterminologie genutzt und etwaige unklare Zusammenhänge wurden durch Beispiele untermauert. Bei geschlossenen Fragen wurde häufig mit optionalem Textfeld gearbeitet, um auch vorab nicht berücksichtigte Antwortoptionen zu ermöglichen. Da sich die Inhalte dieser Befragung auf digitale Instrumente beziehen, deren Vorhandensein erfasst werden sollte, durfte der Weg, auf dem die Befragung stattfindet, nicht von ihnen abhängig sein. Aufgrund dessen haben sich die beteiligten Institutionen dazu entschieden, einen papierbasierten Fragebogen zu erstellen. Der Umfang betrug vier DIN-A4 Seiten. Durch diese Begrenzung des Umfangs sollte verhindert werden, dass aufgrund mangelnder Motivation oder begrenzter zeitlicher Ressourcen auf Seiten der Unternehmen die Teilnahme an der Befragung verweigert wird. Der vollständige Fragebogen kann bei den Autoren angefragt werden.

## **2.2 Ablauf der Datenerhebung und Rücklauf**

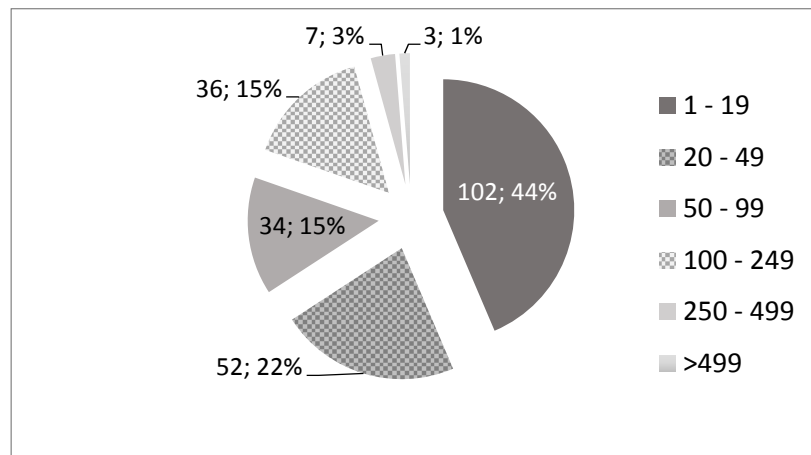
Nachdem auf Basis mehrerer Pre-Tests (durch verschiedene Mitarbeiter der beteiligten Institutionen) der Entwurf des Fragebogens optimiert wurde, erfolgte die Auswahl der Unternehmen für die Datenerhebung. Hierfür wurden alle Industrieunternehmen der Region ausgewählt. Dies ergab eine Grundgesamtheit von 2.275 Unternehmen, die komplett befragt werden konnte, ohne eine gesonderte Stichprobe zu ziehen. Dabei wurde der Fragebogen auf postalischem Weg an die Unternehmen versendet. Am 5. Juni 2015 erfolgte der Versand der Bögen mit der Bitte, die Beantwortung bis zum 30. Juni durchzuführen. Im Zeitraum zwischen dem 5. und 30. Juni 2015 belief sich die Zahl der Rückläufe auf 244 Fragebögen. Von diesen 244 waren fünf Fragebögen unvollständig. Somit reduziert sich die Anzahl der Rückläufe auf 239 auswertbare Fragebögen, womit sich eine Rücklaufquote von 10,5% ergibt.

## **3 Auswertung der Ergebnisse**

### **3.1 Charakterisierung der Studienteilnehmer**

Da es das Ziel der Befragung ist, vor allem die Digitalisierung der kleinen und mittleren Unternehmen zu erfassen, bezog sich die erste Frage auf die Unternehmensgröße, um unterschiedliche Größengruppen separieren zu können. Da im Fragebogen keine Frage bzgl. des Jahresumsatzes gestellt wurde, bildete die Mitarbeiterzahl das grundlegende Kriterium zur Einteilung in die entsprechende Größenklassifizierung (EU-Kommission 2003). Im Fragebogen

wurde die Gruppe der kleinen Industrieunternehmen in zwei Kategorien aufgeteilt. Die Erste stellt die Kleinstunternehmen dar, die einen bis 19 Mitarbeiter beschäftigen, die Zweite bildet die Unternehmen mit 20 bis 49 Mitarbeiter ab. Zusammengefasst sind dies damit die kleinen Unternehmen nach EU-Kommission. Wie in Abbildung 1 erkennbar ist, stellt diese Größenklasse mit 66% die anteilig größte Gruppe dar.



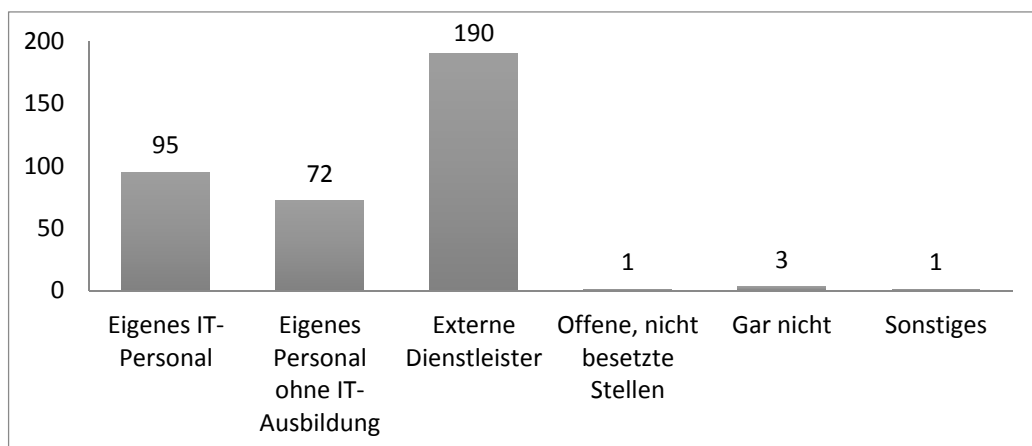
**Abbildung 1: Umfrageteilnehmer nach Mitarbeiteranzahl (n=234)**

Die mittleren Unternehmen (50 bis 249 Mitarbeiter) umfassen 30% der an der Umfrage beteiligten Unternehmen. Die Gruppe der Großunternehmen lässt sich wiederum in kleine Großunternehmen mit 250 bis 499 Angestellten (drei Prozent) und Großunternehmen ab 499 Mitarbeitern (ein Prozent) unterteilen. Da die Gruppe der Großunternehmen generell in dieser Befragung mit insgesamt zehn Unternehmen nicht sehr groß ist, wird in der folgenden Auswertung nicht mehr weiter zwischen kleinen Großunternehmen und Großunternehmen unterschieden sondern diese in einer Auswertungsgruppe zusammengefasst. Obwohl das Hauptaugenmerk der Studie auf KMU liegt, werden sie u.a. als Vergleichsgruppe im weiteren Verlauf berücksichtigt.

### 3.2 Ausstattung der Unternehmen mit IKT

Zur Beantwortung der Forschungsfrage galt es, die Ausstattung und Nutzung der KMU mit IK-Technologien zu erfassen. Die Durchführung von Digitalisierungsmaßnahmen innerhalb der Industrieunternehmen setzt die Verfügbarkeit einer Infrastruktur voraus, die diese Maßnahmen ermöglicht und im besten Fall vorantreibt. Aus diesem Grund wurden in der Befragung der Unternehmen einige Stellungnahmen der Unternehmen erbeten, die Aufschluss über entscheidende Themen wie bspw. die Internetgeschwindigkeit, Absicherung der Verbindung oder eingesetztes IT-Personal geben sollten. Die Verfügbarkeit eines Internetanschlusses kann als elementare Voraussetzung für die Digitalisierung der Geschäftsprozesse angesehen werden. Im Rahmen der Befragung zeigte sich, dass lediglich ein Unternehmen kein Internet in seiner Geschäftstätigkeit einsetzt. Dies ergibt insgesamt eine Nutzungsrate von 99,6% der Unternehmen, die an der Umfrage teilgenommen haben. Aber nicht die Internetverfügbarkeit alleine spielt bei der Digitalisierung eine Rolle, sondern auch die Schnelligkeit der Internetverbindung ist in diesem Zusammenhang wichtig. Dabei zeigt die Auswertung der Antworten dieser Fragestellung, dass fast 40% der Unternehmen nicht wirklich mit ihrer Internetgeschwindigkeit am Standort zufrieden sind und dies somit auch als Hindernisgrund für eine Erweiterung / einen Ausbau der Anwendungssystemlandschaft und der IT-Infrastruktur gesehen werden kann.

Aber nicht nur eine nicht ausreichende Internetgeschwindigkeit stellt ein Hemmnis für Unternehmen dar, die eigene Digitalisierung voranzutreiben. Um eine funktionierende IT-Landschaft vorhalten zu können, bedarf es einer entsprechenden Verwaltung der Systeme. Dieses Management dient der Kontrolle, Steuerung und der Prognose der im Unternehmen eingesetzten IT-/EDV-Funktionalitäten (Rudolph 2009) und ist wichtig, um bspw. technische Probleme oder Unstimmigkeiten in der Passfähigkeit neuer Systeme mit bestehender Unternehmenssoftware schnell und effizient lösen zu können. Eine Möglichkeit zur Bereitstellung eines solchen Managements besteht in der Schaffung einer eigenen IT-Abteilung mit Fachpersonal. Diese Lösung stellt zwar die zuverlässigste, aber auch die kostspieligste dar, da geschultes Personal vor Ort vorgehalten werden muss, ebenso Räumlichkeiten. Eine Alternative dazu ist entweder die Verwaltung durch eigenes, fachfremdes Personal im Unternehmen oder aber die Hinzuziehung eines externen Dienstleisters. Im Rahmen der Befragung sollten die Unternehmen diesbezüglich angeben, wie sie diese Thematik intern umsetzen. Abbildung 2 gibt Aufschluss über die Verteilung der Antworten der Teilnehmer.



**Abbildung 2: Ressourcen zur Verwaltung der Unternehmens IT / -EDV (Absolute Antworten, Mehrfachnennung möglich, n=237)**

Wie zu erkennen ist, lässt der Großteil der Unternehmen (80,2%) die IT und EDV durch externe Dienstleister verwalten. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass die Bereitstellung einer eigenen IT-Abteilung für kleine und mittlere Unternehmen aus finanzieller Sicht nicht möglich ist und/oder dass Fachkräfte hierfür nur schwer zu finden sind. Eine solche Abteilung ist erst ab einer gewissen Infrastruktur lohnenswert, dementsprechend kann die dauerhafte Finanzierung dieser nicht gewährleistet werden. Wahrscheinlicher ist dann der Einsatz von eigenem Personal, das jedoch keine entsprechende Ausbildung besitzt, aber durch eine gewisse Affinität alltägliche IT-bedingte Prozesse verwalten kann.

Im Rahmen der EDV-Ausstattung ist es neben dem aktuellen Bestand auch wichtig zu erfahren, wie die Unternehmen zur zukünftigen Entwicklung ihrer Infrastruktur stehen. Nur durch regelmäßige Aufrüstung und Erneuerung der IT-Landschaft kann eine erfolgreiche Digitalisierung geschehen. In der Mittelstandsbefragung von Deloitte (2013) gaben 58% der befragten Unternehmen an, dass das Hauptresultat der Digitalisierung die Erweiterung im IT-Bereich sein wird. Aus diesem Grund wurde in der hier durchgeführten Befragung die Bereitschaft der KMU dahingehend untersucht, ob sie kurz- (bis zu einem Jahr), mittel- (ein bis fünf Jahre) oder langfristig (länger als fünf Jahre) planen in ihre Hard- und Software zu investieren. Dabei hat sich gezeigt, dass 45,9% der

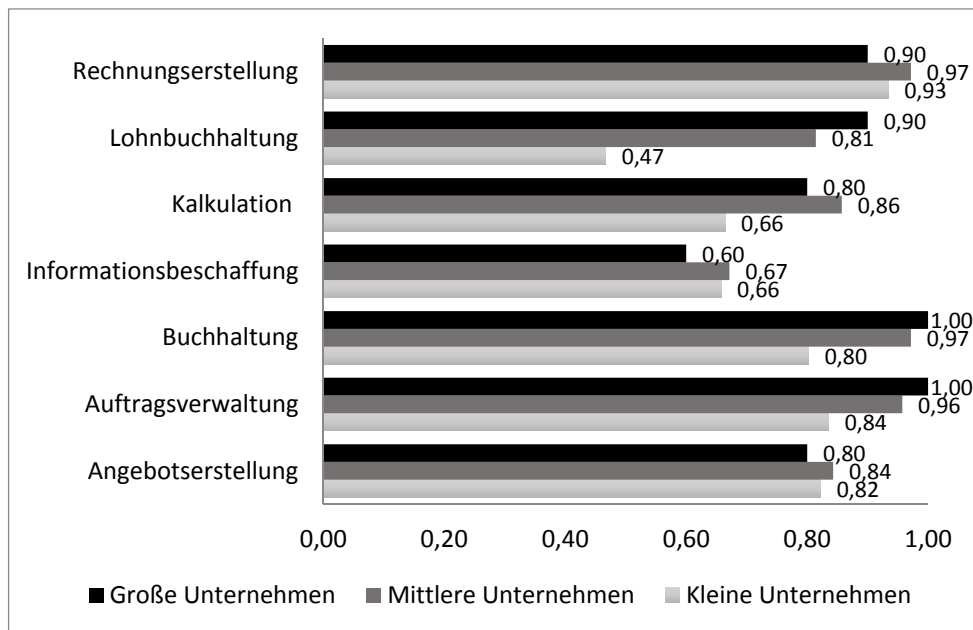
Unternehmen in einem bis fünf Jahren Investitionen in ihre IT-Landschaft planen. 40,3% fokussieren diese Investitionen im Laufe des nächsten Jahres an. Weitere 10,3% werden nach einem Zeithorizont von fünf Jahren in ihre Hard- und Software investieren. Auf der anderen Seite planen aber auch 21% (mehr als jedes fünfte Unternehmen) überhaupt keine Investitionen in dieser Richtung. Werden die Antworten nach Unternehmensgröße gegliedert, so zeigt sich, dass 31,7% der kleinen Unternehmen kurzfristig planen zu investieren. Bei den mittleren Unternehmen sind es in dieser Zeitspanne bereits 52,9% und bei den großen Unternehmen 90%. Mittelfristig ergeben sich folgende Werte: 43,7% bei den kleinen, 51, % bei den mittleren und 30% bei den großen Unternehmen. Diese Verteilung verdeutlicht den Trend des Abwartens, wie er schon in der Commerzbank-Studie gezeigt werden konnte, vor allem bei den kleinen Unternehmen (Commerzbank AG 2015). Während vor allem die großen Unternehmen den dringenden kurzfristigen Handlungsbedarf erkennen, sieht ihn nur ca. jedes dritte kleine Unternehmen auch bei sich.

Ebenfalls interessant sind die Antworten auf die Frage, in was die Unternehmen investieren möchten. Bei den kleinen Unternehmen (n=30) wurde vor allem angegeben, dass in PC-Hardware (ca. 27%) investiert werden soll, jeweils 6,7% gaben als Investitionsgrund ein Dokumentenmanagementsystem bzw. ERP-System an. Auch gaben nur 6,7% an, ihre Hard- und Software regelmäßig zu erneuern. Bei den mittleren Unternehmen zeigt sich ein anderes Bild. Hier gaben 31,6% der Unternehmen (n=19) an, in Systeme wie ERP, CRM, PPS oder CNC investieren zu wollen. Ebenso sollen Prozessverbesserungen und der Ausbau der bestehenden Infrastruktur und Serverstruktur vorgenommen werden. Diese Antworten zeigen die Unterschiedlichkeit der IT- und EDV-Landschaft auf, die zwischen den kleinen und mittleren Unternehmen erkennbar ist. Während die kleinen Unternehmen vorrangig in allgemeine PC-Hardware investieren, sind die mittleren Unternehmen schon so weit ausgestattet, dass sie sich primär um eine Aktualisierung oder eine Aufstockung von Software-Systemen kümmern können. Dabei variiert die Leistungsanforderung an die Hardware-Infrastruktur, je nachdem welche Systeme im Unternehmen benötigt werden. Bei der Frage nach der allgemein eingesetzten Hardware im Unternehmen gaben von 236 Unternehmen 97,0% an, stationäre PCs zu benutzen, 94,0% nutzen Faxgeräte, 85,6% besitzen Laptops oder Netbooks, 78,0% setzen Großrechner / Server ein und ebenfalls 78,0% verwenden Smartphones. Computergesteuerte Maschinen und Anlagen werden von 48,3% eingesetzt und Tablets sind am wenigstens (nur in 36,4% der Unternehmen) verbreitet.

Neben der verwendeten Hardware soll die Frage nach eingesetzten Programmen Aufschluss über das Nutzungsverhalten der Teilnehmer geben. Bei der Betrachtung der Antworten auf diese Frage (n=239) tritt die Nutzung von Office-Anwendungen (bspw. Word, Excel) mit 98,7% in den Vordergrund. E-Mail Programme unterstützen 97% der Unternehmen und ein Webbrowser wird von 94,6% der Teilnehmer bei der Erledigung täglicher Aufgaben benutzt. Neben 90,4% der Unternehmen, die betriebswirtschaftliche Programme einsetzen, verwenden auch 58,6% computergestützte Programme in der Produktion.

Nachdem die generelle Nutzung von Programmen innerhalb der Unternehmen betrachtet wurde, war im Folgenden die Nutzung spezifischer Software von Interesse. In der Studie der Commerzbank AG (2015) konnte belegt werden, dass die Digitalisierung der Administration bereits in vielen Unternehmen des Mittelstandes Einzug gehalten hat. Ebenso konnte festgehalten werden, dass die Automatisierung und die Steuerung der Produktion im verarbeitenden Gewerbe von hoher Relevanz sind und sich im Umbruch befinden. Ob dieser Trend auch in den kleinen und mittleren Industrieunternehmen in der betrachteten Region erkennbar ist, sollte durch drei Teilfragen geklärt

werden. Sie gliedern sich in die Nutzung von Programmen zur Abwicklung betriebswirtschaftlicher Aufgaben, zur Durchführung der Produktion und Logistik und zur Unterstützung von Managementprozessen. Beispielhaft sollen hier die Ergebnisse bezogen auf betriebswirtschaftliche Programme erläutert werden. Die weiteren Ergebnisse können bei den Autoren erfragt werden. Betriebswirtschaftliche Programme werden von 90,4% der befragten Unternehmen eingesetzt. Beim Blick auf die spezifischen Anwendungen innerhalb der unterschiedlichen Unternehmensgrößen wird deutlich (Abbildung 3), dass auch in diesem Bereich die großen Unternehmen sehr intensiv betriebswirtschaftliche Programme bei der Erledigung der administrativen Aufgaben nutzen.



**Abbildung 3: Einsatz betriebswirtschaftlicher Programme innerhalb der Unternehmen (Relative Angaben, Mehrfachnennung möglich, kleine U. n=152, mittlere U. n=70, große U. n=10)**

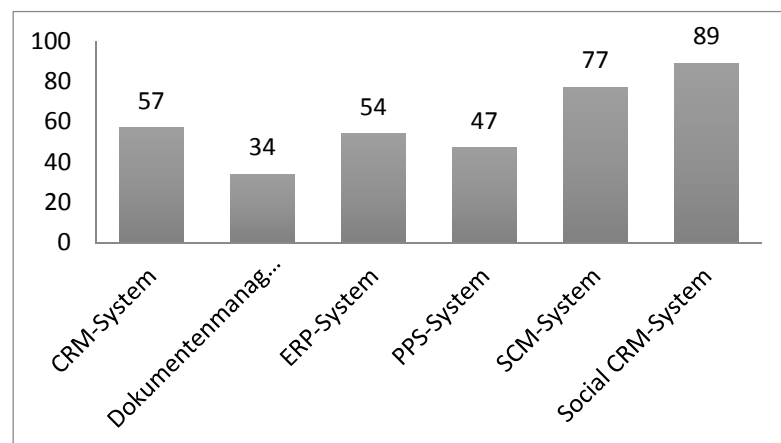
Außer zur Informationsbeschaffung nutzen die großen Unternehmen diese Programme zu mindestens 80%. Bei den kleinen und mittleren Unternehmen zeigt sich eine ähnlich intensive Nutzung mit kleineren Schwankungen. Grundsätzlich lässt sich aber zusammenfassend festhalten, dass in Anlehnung an die Ergebnisse der Commerzbank-Studie (2015) die kleinen und mittleren Unternehmen der Region ebenfalls in ihrer administrativen Tätigkeit durchaus als digitalisiert angesehen werden können.

### 3.3 Nutzung von speziellen Systemen innerhalb der Unternehmen

Durch das Verschwinden der Grenzen zwischen wertschöpfenden und unterstützenden Prozessen im Rahmen der Digitalisierung hin zu einem ganzheitlichen Wertschöpfungsnetzwerk, ist der Einsatz passender IKT unabdingbar. Dies setzt aber auch voraus, dass sich die Unternehmen der Funktionalitäten und Einsatzmöglichkeiten oder gar erstmal der Existenz entsprechender Anwendungssysteme bewusst sind, die hier unterstützend wirken können. Daher sollte im weiteren Verlauf des Fragebogens der Einsatz sowie der Kenntnisstand über solche Systeme erfasst werden. Dabei sollten die Unternehmen angeben, inwiefern sie ein entsprechendes System nutzen, kennen, einführen wollen oder es ihnen gar nicht bekannt ist.

ERP-Systeme zur effizienten Planung des innerbetrieblichen Ressourceneinsatz sind mit 48% die insgesamt am häufigsten verwendeten Systeme in dieser Umfrage. Dokumentenmanagement- und Produktionsplanungs- und Steuerungs- (PPS) Systeme bilden mit 34,3% und 34,0% die nächsten beiden, relativ häufig verwendeten Systeme. Customer Relationship Management (CRM) Systeme werden noch von jedem vierten Unternehmen eingesetzt, wohingegen Supply Chain Management (SCM) Systeme zum Aufbau und zur Verwaltung von internen Logistikprozessen sowie Social CRM Systeme zur aktiven Nutzung von sozialen Netzwerken für die Interaktion mit Kunden mit 8,3% und 4,4% eher selten Verwendung finden. Positiv fallen bei der Betrachtung nach Unternehmensgröße vor allem die mittleren Unternehmen auf, die bspw. im ERP-Einsatz mit einer Quote von 85,0% sehr hoch liegen. Allerdings ist hier auch auffällig, dass vor allem die kleinen und damit auch die Kleinstunternehmen mit eher geringen Einsatzquoten über alle Systeme hinweg vertreten sind. So nutzt nur knapp jedes dritte kleine Unternehmen die in dieser Gruppe am häufigsten verwendeten Dokumentenmanagementsysteme, 28,3% setzen ERP-Systeme ein und nur knapp jedes fünfte Unternehmen nutzt CRM- oder PPS-Systeme.

Bei der Frage nach der generellen Bekanntheit der bis hierher erwähnten Programme zeigt sich die in Abbildung 4 dargestellte absolute Verteilung nicht bekannter Systeme.



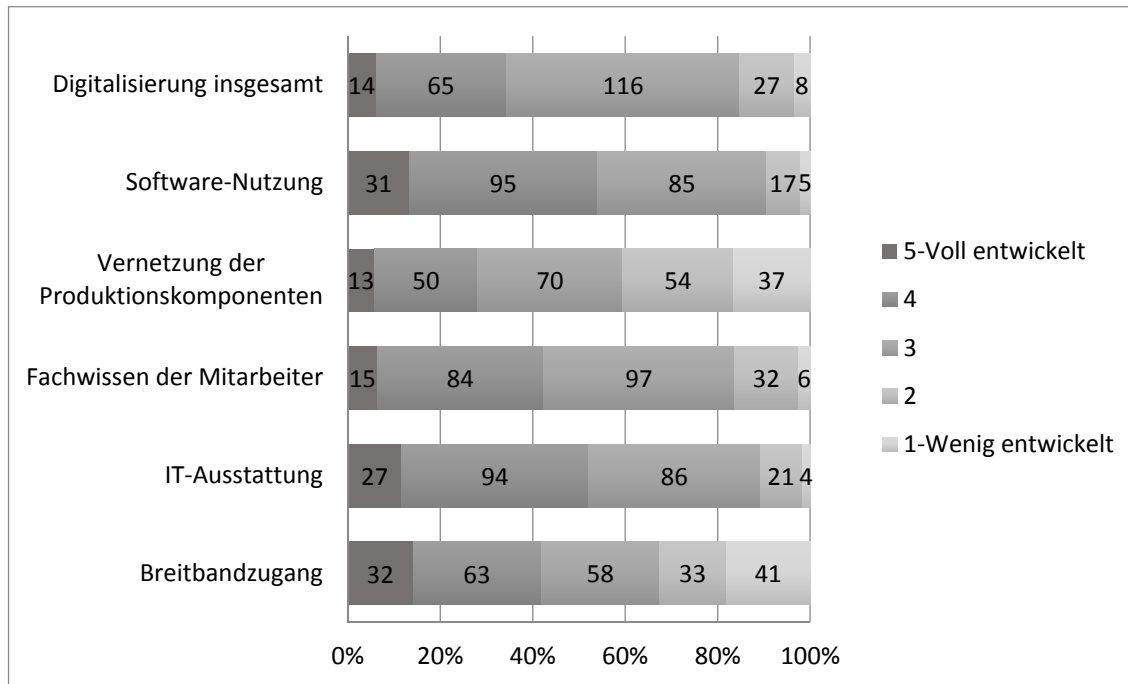
**Abbildung 4: Unbekannte Systeme (Absolute Angaben, Mehrfachnennung möglich, CRM n=222, Dokumentenmanagementsyst. n=224, ERP n=25, PPS n=223, SCM n=218, Social CRM n=206)**

Hierbei schneidet vor allem das Social CRM-System mit einem Unbekanntheitsgrad von 43,2% relativ schlecht ab. Erstaunlicherweise ist das ERP-System, obwohl es im ersten Teil der Frage als das am häufigsten eingesetzte Programm angegeben wurde, immer noch für jedes vierte Unternehmen unbekannt. Hier stammen 49 der 54 absoluten abgegebenen Antworten von kleinen Unternehmen. Damit ist dieses Programm für 33,8% und somit für jedes dritte der kleinen Unternehmen in der Region unbekannt. Dieser Wert steht in Zeiten von Industrie 4.0 und der zunehmenden Vernetzung der Geschäftswelt für eine nicht zu vernachlässigende Unkenntnis über die Möglichkeiten von IK-Technologien.

### 3.4 Einschätzung des eigenen Digitalisierungsgrades

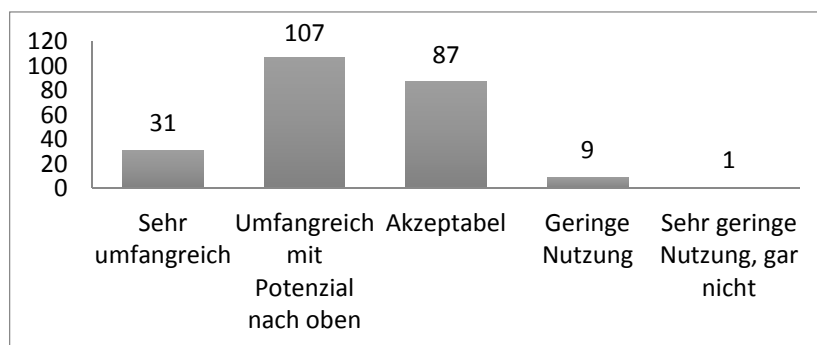
Abschließend sollten die Unternehmen noch eine Einschätzung abgeben, wie sie den Stand der Digitalisierung in ihrem Unternehmen im Vergleich zu den anderen Unternehmen in ihrer Branche einschätzen. Bei der Betrachtung (Abbildung 5) der Einschätzung der gesamten Digitalisierung fällt auf, dass es einen eindeutigen Trend zur Mitte „3“ gibt. Hier liegt die größte Ausprägung mit 116

absoluten Antworten, was 50,4% entspricht. Demnach schätzt sich jedes zweite Unternehmen als mäßig / normal digital entwickelt im Vergleich zu seinen Konkurrenten aus der eigenen Branche ein. Beim Blick auf die Unterschiede zwischen den kleinen und mittleren Unternehmen fällt auf, dass in vier von sechs Kategorien die kleinen Unternehmen sich selbst als höher digitalisiert einschätzen als die mittleren Unternehmen.



**Abbildung 5: Einschätzung der eigenen Digitalisierung im Vergleich zur Branche (Absolute und relative Angaben, Breitband n=227, IT-Ausstattung n=232, Fachwissen n=234, Vernetzung n=224, Software-Nutzung n=233, Digitalisierung gesamt n=230)**

Neben der Einschätzung der eigenen Digitalisierung im Vergleich zur Konkurrenz, sollte anhand der letzten Frage herausgefunden werden, als wie umfangreich die Unternehmen ihre eigene IKT-Nutzung empfinden. In Abbildung 6 sind die absoluten Antworten über alle 235 Unternehmen dargestellt, die diese Frage beantwortet haben. 45,5% der Befragten schätzen ihre IKT-Nutzung demnach als „umfangreich, jedoch mit Potenzial nach oben“ ein. Für weitere 37% ist der Einsatz „akzeptabel“ und lediglich knapp vier Prozent geben eine „geringe Nutzung“ an.



**Abbildung 6: Einschätzung der IKT-Nutzung (Absolute Angaben, n=235)**



Auf der anderen Seite schätzen aber insgesamt auch 31 Unternehmen, und damit 13,2% der Befragten, ihre IKT als „sehr umfangreich“ ein, wodurch auf einen fortgeschrittenen, evtl. sogar hohen Digitalisierungsstand geschlossen werden kann. In jeder Größenklasse konzentrieren sich dabei die Antworten im Bereich der akzeptablen und umfangreichen IKT-Nutzung mit Potenzial nach oben. Die Kleinstunternehmen sind im Vergleich zu den anderen Klassen mit den relativ meisten Antworten im akzeptablen Bereich etwas zurückhaltender in ihrer Einschätzung.

## 4 Diskussion und Fazit

Mit Blickpunkt auf die Voraussetzungen zur Digitalisierung konnten grundlegende Unterschiede festgestellt werden. Nicht in jeder Region sind passende Gegebenheiten vorhanden, die es den Unternehmen überhaupt erst ermöglichen, eine Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse vornehmen zu können. Beispielhaft sei hier die Geschwindigkeit des Internetanschlusses genannt. Zwar nutzen 99,6% der befragten Unternehmen das Internet, dennoch existieren interregional zwischen den befragten Bezirken Unterschiede in der Zufriedenheit ihrer Breitbandversorgung. Allgemein kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass in fast allen Bezirken die Rate der Zufriedenheit bzw. der Unzufriedenheit jeweils nahezu 50% beträgt. Somit ist knapp die Hälfte der Unternehmen stark eingeschränkt, Dienste zu nutzen (z.B. Hosting-Dienste, Cloud-Services), die internetbasiert angeboten werden. Daraus ergibt sich auch weiterhin die Notwendigkeit, des Breitbandausbaus, aber auch der Bedarf, die Unternehmen über alternative Breitbandverbindungen zu informieren. Bezogen auf den Investitionswillen in Hard- und Softwarekomponenten zeigt sich, dass die Unternehmen eher mittelfristig investieren wollen. Nur wenige Unternehmen haben bereits die Notwendigkeit erkannt, jetzt der Digitalisierung zu „folgen“. Dieser Trend des „Abwartens“ zeigte sich bereits auch in der Commerzbank-Studie (2015) und kann als Negativpunkt gesehen werden. Dieses Abwarten sollte keinesfalls unterschätzt werden. Die Unternehmen laufen hier Gefahr, den Entwicklungen nicht nach zu kommen und ihren Entwicklungsrückstand somit weiter zu vergrößern. Hier wäre es zwingend notwendig, die Unternehmen (unabhängig von einem vielleicht nach eigener Einschätzung gutem Digitalisierungsstand) zu unterstützen, zu informieren, ihnen die Potenziale der Digitalisierung stärker zu verdeutlichen und ihnen zeitgleich Möglichkeiten aufzuzeigen, welche Systeme, Anwendungen, etc. für das jeweilige Unternehmen eine passende Erweiterung wären hin zur Unternehmensdigitalisierung.

Zusammenfassend über die drei Bereiche „Betriebswirtschaftliche Programme“, „Programme zur Unterstützung der Produktion und Logistik“ sowie „Programme zur Unternehmenssteuerung und zum Management“ lässt sich festhalten, dass die kleinen und mittleren Unternehmen der Region im administrativen Bereich bereits relativ gut aufgestellt sind, was die Digitalisierung der Prozesse betrifft. Im Bereich der Produktion und Logistik ist der Einsatz von IK-Techniken jedoch weniger ausgeprägt, was angesichts der ganzheitlichen Optimierungsmöglichkeiten in diesen Bereichen jedoch hohes Potenzial birgt. An dieser Stelle zeigt sich erneut die abwartende Haltung der kleinen und mittleren Unternehmen bei dem Einsatz von IK-Technik, die tiefer in die Unternehmensstruktur, z.B. in die Produktionskette, eingreift. Die Auswirkungen der Digitalisierung sind für die Unternehmen zum jetzigen Zeitpunkt noch zu ungewiss, als dass sie bewährte Strukturen durchbrechen möchten. Sichtbar ist diese Haltung ebenfalls im Einsatz von Anwendungssoftwaresystemen. Diese Tools, die eine bereichsübergreifende Optimierung und effiziente Organisation ermöglichen, werden eher selten eingesetzt und sind häufig auch noch gar nicht bekannt. ERP-Systeme bspw. werden zwar von knapp 50 % der Unternehmen eingesetzt, jedoch sind sie für knapp 34 % der kleinen befragten Unternehmen gänzlich unbekannt.

Der Beitrag zeigt insgesamt auf, dass in der Region Dresden, für die das verarbeitende Gewerbe von besonderer Bedeutung ist, noch erheblicher Handlungsbedarf besteht, um die Potenziale moderner IKT insbesondere in den Bereichen integrierter Anwendungssoftware, Unterstützung von Produktion und Logistik sowie Nutzung von Cloud-Diensten angemessen zu erschließen.

## 5 Literatur

- BDI (2015) Chancen nutzen. Vertrauen stärken. Gemeinsam handeln. Digitale Agenda der deutschen Industrie. Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI), Berlin
- BDI, Roland Berger (2015) Die Digitale Transformation der Industrie - Eine europäische Studie von Roland Berger Strategy Consultants im Auftrag des BDI. München, Berlin
- BMWi (2014) Mittelstand-Digital IKT-Anwendungen in der Wirtschaft. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin
- Commerzbank AG (2015) Management im Wandel: Digitaler, effizienter, flexibler!. Commerzbank AG, Frankfurt am Main
- Deloitte (2013) Digitalisierung im Mittelstand. <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Mittelstand/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf>. Abgerufen am 11.04.2015
- DIHK (2014) Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun - Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Deutscher Industrie- und Handelskammertag, Berlin
- EU-Kommission (2003) Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen - 2003/361/EG
- Krcmar H (2010) Informationsmanagement. 5. Auflage. Springer, Heidelberg
- Moosbrugger H, Kelava A (2012) Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). 2. Auflage. Springer, Heidelberg
- Rudolph S (2009) Servicebasierte Planung und Steuerung der IT-Infrastruktur im Mittelstand. Gabler, Wiesbaden
- Schlick J, Stephan P, Loskyll M, Lappe D (2014) Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl T, ten Hompel M, Vogel-Heuser B (Hrsg) Industrie 4.0 in der Produktion, Automatisierung und Logistik, pp. 57-84. Springer-Vieweg, Wiesbaden
- Wendt K, Spilke J, Thiede M, Piotraschke H (2004) Outsourcing von IV-Aufgaben landwirtschaftlicher Unternehmen - Einordnung und Nutzungsperspektiven. Zeitschrift für Agrarinformatik 12 (2):34–42
- Wirtschaftsrat der CDU e.V. (2014) Fortschritt durch Digitalisierung - Chancen für den Mittelstand. [http://www.wirtschaftsrat.de/wirtschaftsrat.nsf/id/fortschritt-durch-digitalisierung--chancen-fuer-den-mittelstand-de/\\$file/WR-Studie Fortschritt durch Digitalisierung - Chancen für den Mittelstand.pdf](http://www.wirtschaftsrat.de/wirtschaftsrat.nsf/id/fortschritt-durch-digitalisierung--chancen-fuer-den-mittelstand-de/$file/WR-Studie%20Fortschritt%20durch%20Digitalisierung%20Chancen%20fuer%20den%20Mittelstand.pdf). Abgerufen am 31.08.2015

# Towards a Real-time Usability Improvement Framework based on Process Mining and Big Data for Business Information Systems

Sharam Dadashnia<sup>1</sup>, Tim Niesen<sup>1</sup>, Peter Fettke<sup>1</sup>, and Peter Loos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Information Systems (IWi) at the German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI) and Saarland University, Saarbrücken, Germany, {sharam.dadashnia, tim.niesen, peter.fettke, peter.loos}@iwi.dfki.de

## Abstract

Workflow improvement nowadays plays an important role in the selection process of supporting software. This is especially true in the context of user-centric development, where the usability of business information systems is a crucial characteristic of differentiation. However, automatically measuring the usability of such systems as well as their dynamic enhancement has not been studied before. This paper describes an approach to improve the usability of web-based information systems in real-time. Different concepts are presented, which build on data gathering methods from web analytics to provide log mechanisms for user interactions at a detailed level and subsequently process this data by means of data analytics and process mining methods. Concepts are then integrated into a comprehensive framework representing the main contribution of this paper. We evaluate our framework with a software prototype based on in-memory technologies developed in cooperation with a major German software company. Furthermore, we report on findings of a user study that was conducted in an exemplary use case scenario demonstrating dynamic workflow improvements to validate our research in a real-world setting.

## 1 Introduction

While functionality has traditionally been the most important criterion for selecting business information systems, nowadays, the *usability* of such systems plays an increasingly important role. In consequence of the continuous dissemination of intuitive and user-friendly devices in the consumer sector, e.g. the Apple iPhone, the demand for easy-to-use software is also increasing in business environments. Therefore, it is crucial for software manufacturers to not only pay attention to a software's functionality but also to ensure a satisfying usability for end-users. Usability covers many aspects; one of the most important ones relates to *intuitive* and *efficient* use of a software component in order to effectively fulfill a given task. Nielsen et al. describe the importance of usability especially for web applications in terms of compliance with the existing style guides. According to those guides, the question of whether a user stays on a webpage or leaves it is strongly influenced by the appearance and ease of use of the corresponding system and not necessarily by

its functionality or offer of services (Nielsen 2012). These aspects can be mapped to applications in the business context: as the usability of business information systems becomes an important distinguishing element, software manufacturers strive to develop products that provide enhanced usability. In that regard, also testing and evaluating the usability of a software system becomes an important aspect in the development process. As the testing is often conducted manually, the costs associated with usability evaluations are usually very high. Real-time usability improvement as presented in this paper can help to mitigate such costs and provide more efficient ways to assess the usability of software systems.

As for the status quo, it is not possible to test the usability of business applications automatically. Common practice is that the usability of a software application is manually tested during the adoption stage and after the development phase. Further testing during the operational usage of the software is usually not conducted. Therefore, there is no efficient way to ensure good usability after this phase. Reasons for the change of usability requirements are highly correlated with changes within underlying business processes, e.g. to assure compliance of the implemented processes. Beyond this aspect, it is not possible to analyze the user behavior during the usage of an operational system. Against this background, the paper at hand aims at providing a framework to reflect usability aspects in order to combine mining methods and in-memory computing to dynamically improve the usability of software systems. While the improvement can be deployed globally, i.e. for all users, we focus on user-specific improvement, which allows for the improvement of individual usability aspects per user. The main goal is, thus, to develop concepts to improve the interaction between a user and a software system to enable a more intuitive, more efficient and quicker usage.

The problems discussed in the following were ascertained by analyzing practical use cases within business information systems deployed by a major German software manufacturer that has a strong focus on enterprise resource planning. Against the background of an increased usage of web applications in recent years, concepts and analytical methods from the field of web analytics form the basis for our usability improvement framework (Booth and Jansen 2008). In particular, the following two research questions will be addressed in the paper:

*(RQ1) Which usability aspects can be improved dynamically with respect to the underlying business processes?*

*(RQ2) Which conceptual approaches are suitable for developing a comprehensive framework that provides an objective and transparent method for the improvement of software systems?*

Our research follows a design-oriented approach (Hevner et al. 2004). We seek to develop an innovative artifact in the form of a methodical framework as well as a concept that can be practically applied in the domain of business information systems. The research was conducted within the scope of a joint research project with partners from both academia and software industry. We developed a prototype to demonstrate the applicability of our ideas, thereby following the ARIS methodology for information systems. In ARIS, the overall process of software design and implementation is divided into the three phases: *requirements definition*, *design specification* and *implementation* (Scheer 1994). The developed prototype was evaluated in a laboratory experiment, which was embedded in an exemplary use case scenario deduced from a real-world scenario together with the industry partner.

The paper at hand is structured as follows: After this introduction, section 2 describes related work to provide the context for the concepts presented in this paper. Section 3 then exposes our concepts

for a dynamical improvement of workflows within business information systems and incorporates them into a framework. In section 4, a prototypical software implementation is presented. Afterwards, section 5 describes the evaluation results based on task executions. In Section 6, we provide conclusions and an outlook on further research.

## 2 Related work

### 2.1 Usability and Business Process Management

In general, the usability of a product is an indicator on whether a user can use a product – for the scope of this paper, a business information system – to achieve a given objective in an *effective*, *efficient* and *satisfactory* way (ISO-Norm 1998). These are the main characteristics from the ISO definition of usability, which we take as the basis for defining a system's acceptance by a corresponding user. Certain usability aspects refer to the direct interaction between users and systems, i.e. the (graphical) user interface of a system. The aspects of *effectiveness* and *efficiency* indicate a process character as we define business processes as a series of logically related activities performed in a business context to attain a specified goal in an efficient and effective way (Scheer 1999). This is essential for the quality of processes in companies which use tools and methods in the context of business process management (vom Brocke and Rosemann 2010). Therefore, a clear connection between the usability aspects within business information systems and the underlying business processes can be assumed. The idea of measuring usability-related aspects regarding log data resulting from the execution of business processes was already applied in projects in the context of business process management (Thaler 2014; Thaler et al. 2015). However, the work of Thaler only allows for analyzing historical data and does not comprise real-time usability improvement techniques.

### 2.2 Process Mining and Web Analytics

With the increasing number of enterprise information systems storing relevant events from underlying business processes, a vast amount of structured event logs becomes available (van der Aalst 2014). Leveraging information within log files by means of data mining techniques is referred to as *process mining* (van der Aalst et al. 2004). Because process mining is based on the analysis of existing log files, it helps obtaining insights into the actual process behavior, which, in practice, may differ from the desired behavior modeled in the corresponding reference models. Regarding analysis methods, three sub-disciplines can be distinguished (van der Aalst 2012): *discovery* aims at generating process models from the sequences of events identified within log files. Comparing an existing reference model to the event log generated by executing the model is denoted *conformance*. Finally, *enhancement* seeks to improve existing process models by augmenting information gathered during the analysis. The field of *process discovery* has attracted most attention in recent research. Against this background, various algorithms drawing on formal, heuristic or machine-learning approaches have been proposed. Traditional process mining is conducted on historical data of past process executions. In this paper, however, it is necessary to gather and analyze data immediately after user interactions, i.e. in real-time. In the context of web applications, methods from the field of web analytics, for instance the page tagging method, are used to gather data and store them into a database instead of a server side log file (Peterson 2004).

### 2.3 Big Data

The term *big data* has become very popular in recent years to describe the exponential growth and availability of data from a variety of sources in structured as well as unstructured form (Kambatla et al. 2014). Big data is often described by characteristics referred to as the *four Vs*: *volume*, *variety*, *velocity* and *variability* (NIST 2014). The problem we face in the current context mainly relates to the volume aspect with respect to the user interaction data needed for the analysis and improvement of usability. Furthermore, in combination with a slump in prices regarding IT storage capacity for both sequential and random access memory, storing and analyzing of large amounts of data becomes technically feasible. Business information systems support a wide range of processes comprising a large amount of tasks for a given business environment. Thus, amounts of detailed log data correspond to the definition of big data regarding the aspect *volume*. Furthermore, the aspect *variety* is addressed regarding log files that are produced by different users of different systems within a company or sourced from different repositories. This usage data has to be stored in an adequate way to enable real-time analysis, which is assumed for the concepts presented in section 4.

## 3 Concept Development

### 3.1 Preliminary remark

The goal of the developed concepts is to generate initial methods to dynamically improve software-supported workflows for each user. The improvement of workflows is highly intertwined with usability aspects (see section 2.1), so we base our concepts on the definition of usability, especially with respect to the aspects of *effectiveness*, *efficiency* and *satisfaction*. The concept development follows three different phases. These phases are “Data Collection”, “Calculate Metrics” and “Workflow Improvement”. Figure 1 shows the basic framework components as well as their interactions and is divided in two sections: the left section represents user interactions with the software system through a user interface, the optimization of which is the main ambition of this contribution. Each user operating with the business information system produces usage data.

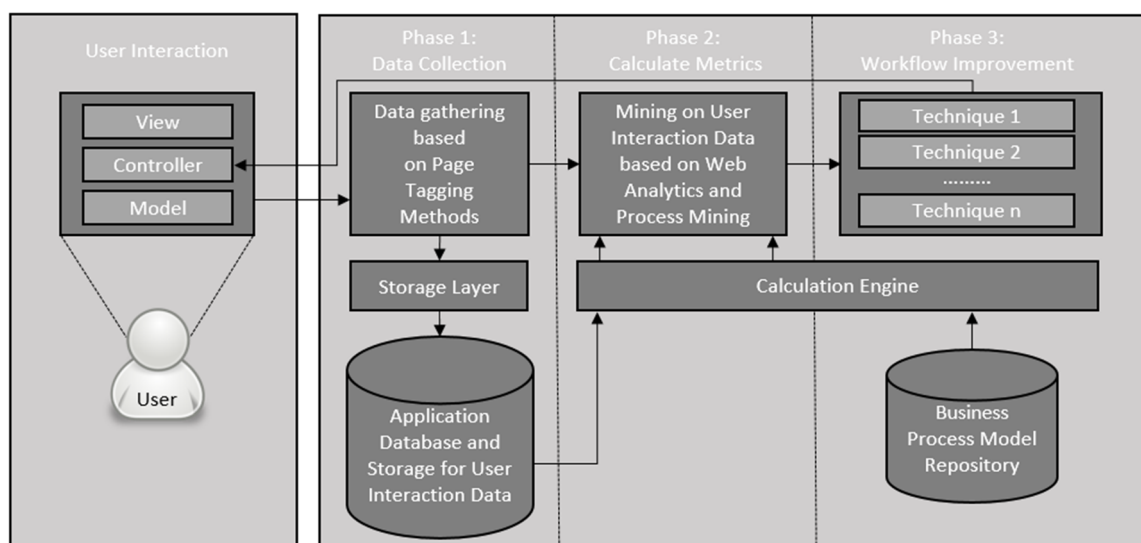


Figure 1: Three-phase concept for real-time improvement

The right section depicts the mechanisms which store user interaction data collected by the page tagging gathering method (phase 1) into the application's database. For the calculation of the metrics (phase 2), we employed certain metrics from the field of web analytics and process mining. For the calculations based on process mining, an additional data storage which contains reference models, a so-called "business process model repository", is needed. These repositories are often used in companies and are organized by business process management methods (Gruhn and Schneider 1998).

The calculated metric values are used to derive decisions for dynamic workflow improvement. The improvement of the software system is implemented in the third and last phase of the framework. Within this phase, the developed concepts are applied to the business information system, which has a direct influence on the execution of the software's internal control flows that are related to the *Controller Layer* (Gamma et al. 1994). Because of the dynamic character of the improvement concept, the software system has to be extended on a technical level. This enables the software to respond automatically without the interaction of a software developer and to dynamically improve itself. The following paragraphs show the individual phases of the concept development and present them in more detail.

### 3.2 Phase 1: Data Gathering

In the first phase, the data produced by user interactions with the business information system is gathered for further analysis. For that purpose, the page tagging method was employed, which is widely used in the context of web applications (see the table below). As this method is based on JavaScript elements, it can easily be added to each website of the application system to collect a set of technical information about the requesting user system. This information (called *request properties*) is summarized in table 1. The first column *request property* describes the attributes that the page tagging method can collect from the request triggered by user interaction. The *description* column gives a brief summary of the respective property, while the third column (*value*) is an indicator of whether and how strongly the request property is considered useful for further analysis.

The *value* is differentiated into *strongly valuable* ●, *valuable* ◐ and, at first glance, *not valuable* ○. Within this first phase, we focused on gathering as much data as possible in order to obtain a broad range of interaction data that future analyses can draw on. Hence, the development of the framework constitutes an overview of currently existing concepts for further analysis techniques and metrics for different use cases.

All properties listed in table 1 are persistently stored in the application database, yielding an efficient access to analytical results in later phases of dynamic improvement. With respect to the value of properties and process mining methods applied in later phases, we identified the properties *userId*, *timeStamp*, *route* and *target* as very important because these data and the information provided in log data used for process mining analysis are highly correlated (van der Aalst et al. 2004).

### 3.3 Phase 2: Metrics

Based on the data gathered during the application's usage, we analyze the data and calculate certain metrics which are used in the web analytics context. These metrics form the basis for further analysis since they are extended by other metrics based on process mining (see section 3.4), thus, incorporating the information available through the log data of business processes.

Request Property	Description	Value
<i>appld</i>	The unique application identifier used to separate the log entries from different applications. Within a company, it is possible that more than one application is used as a productive system.	●
<i>sessionId</i>	A session identifier, which most commonly is a web browser in the area of web applications, is stored to identify clients.	◐
<i>userId</i>	Individual user identifiers are mandatory for user-specific improvement of the software. Therefore, a pseudonymized persistent identifier is used to enable continuous improvement beyond the created session.	●
<i>timeStamp</i>	Every entry in the table is enriched with a timestamp to ensure the recording of the user interaction in a time-based manner.	●
<i>deviceType</i>	The user of an application has several options to access the web application, e.g. via desktop computer, mobile device or tablet. This property stores which device type is used to access the application.	◐
<i>browser</i>	The browser property stores which browser is used by the software user.	○
<i>browserLanguage</i>	The browser language is stored to get further information about a user's context.	●
<i>operatingSystem</i>	In addition, the device's operating system is stored.	○
<i>route</i>	Another important property is the route on which the user navigates through the application. This property stores the user's geographical location of access.	●
<i>target</i>	Target describes the function, which is executed at last. This is e.g. a screen change within the application. Target functions typically indicate the end of a process.	●
<i>targetView</i>	Because the applications are usually implemented following the model-view-controller-pattern and we want to improve the application with assistance of the controller, the target view of the application is stored.	●
<i>duration</i>	This property records the duration of an user session.	○
<i>posX</i>	posX stores the actual x coordinate of the mouse on the screen	○
<i>posY</i>	posY stores the actual y coordinate of the mouse on the screen	○
<i>pageX</i>	pageX stores the x value of the screen resolution.	○
<i>pageY</i>	pageY stores the y value of the screen resolution.	○

**Table 1: Data gathering method**

The metrics in table 2 represent a selection of best practice metrics used in the context of web analytics applications (Booth and Jansen 2008). Certain metrics, for instance demographic information, are not relevant in the context of business information systems because these systems are not produced for an anonymous market but for users in a certain company. Therefore, this metric is not important in terms of usability improvement. These metrics depict an initial step to analyze the data.



Metric	Description	Data gathering property
<i>Visitor Type</i>	The type of visitor is important to improve the usability personalized for a single user or a user group. The user can be assigned to a certain user group.	<i>sessionId, userId</i>
<i>Visit Length</i>	The duration of a visit can be calculated as the duration to finish a task on a screen of the software.	<i>timestamp, duration</i>
<i>Visitor Path</i>	This metric identifies the chosen sequence by a user to accomplish a certain task within the business information system.	<i>route, target, targetView</i>
<i>Top Pages</i>	Calculates a ranking of top-most selected pages.	<i>route, target, targetView</i>
<i>Errors</i>	Errors on the client side are collected and aggregated into a single metric.	<i>deviceType, browser, browserLanguage, operatingSystem, posX, posY, pageX, pageY</i>

Table 2: Metrics

### 3.4 Phase 3: Development of workflow improvement techniques

Within this section, we describe the developed concepts, which are based on existing data gathering methods and metrics. Additionally, aspects from the area of process mining are used to explore the implicit knowledge, existing in log data originating from executing business processes, which can, in turn, be used to improve and personalize the software usability. The usage of the user interaction data in form of logs produced by the underlying business information system are highly correlated with the log files used in the context of process mining. Against this background we can use e.g. the metric of *visitor path* derived from the instance logs to calculate probabilities for the prediction of the user behavior while processing a given task. The developed concepts are described as follows. First, we present the basic idea of the concept along with a motivation. In a second step, within the corresponding table, data gathering properties are listed along with existing metrics and the employed process mining method. Every table comprises three rows, where *PG* denotes the properties gathered, *M* denotes metrics and *PMA* denotes the process mining approach employed.

#### 3.4.1 Preloading of content

Within business information systems, many data has to be provided on demand when a user needs to execute a certain task. Against the background of an increasing amount of application data that has to be processed in those systems, resource bottlenecks can occur. Software companies have already counteracted these performance problems by using more efficient technology approaches, e.g. in-memory computing. However, within many software systems, there is still a problem in terms of data transfer from a database to the user interface, especially in the context of enterprise resource planning applications when lists have to be aggregated from stored data. Existing approaches within these applications try to cache these data, however, this is mostly done for specific known problems and not dynamically in terms of user behavior. To face this problem, we present a technique to preload content that is needed in a subsequent screen to ensure a smooth transition from one screen to another. The following table provides further details on the technique *preloading of content*, which describes this idea.

Preloading of content	
PG	<i>appld</i> : Important to identify the used application (in case several applications are used simultaneously).
	<i>sessionId</i> : Used to identify exactly one single client for whom the improvements are calculated.
	<i>userId</i> : Necessary for providing a user-specific improvement of the software.
	<i>timestamp</i> : Needed to calculate certain metrics like the task completion time.
	<i>route</i> : Used to reproduce the user behavior for a given task within the application.
	<i>target</i> : Provide the basis for metrics like the most popular views of an application.
	<i>targetView</i> : Used in the context of the model-view-controller pattern to gather the technical representation of the view in order to get the corresponding controller.
M	<i>duration</i> : Forms the basis for the calculation of the overall task execution time.
	<i>Visitor Type</i> : For the personalized improvement, an obvious user is necessary.
	<i>Visitor Length</i> : For planning and triggering the data load process at the right time.
PMA	<i>Visitor Path</i> : Main metric used for analyzing user behavior within an application and for conformance checking.
	The gathered logs provide the input for the <i>conformance checking</i> method. Another input for the conformance checking is a business process, which is held in the process model repository. Thus, it is possible to predict the next steps within the application. So, another metric which holds the probability to switch to a next function of the application can be calculated. An assumption for this approach is that the function of the next screen is accessed within the same workflow execution. Furthermore, the approach only operates if certain iterations of each corresponding business process are executed to provide a base of log data for the calculation.

Table 3: Preloading of content

### 3.4.2 Dynamic Quick-Links

The second technique describes the problem that business application systems provide a user with many transactions of process business related tasks. It is possible for a user to deposit favored transactions for their own assigned tasks. However, proposals for the respective users are not provided. User tasks can change sporadically and an intelligent mechanism can help to reorganize the most often used and most necessary transactions for a user. The concept of *dynamic quick links* provides the user with a list of most frequently accessed pages or transactions in the form of a link to the respective screen or transaction. Therefore, using specific transaction numbers is not necessary anymore to execute certain tasks, leading to an application that is easier to use.

Dynamic Quick-Links	
PG	<i>appld</i> , <i>sessionId</i> , <i>userId</i> , <i>timestamp</i> , <i>target</i> , <i>targetView</i> . Remark: The explanations are the same ones mentioned in Table 3.
	<i>Visitor Type</i> , <i>Visitor Length</i> . Remark: The explanations are the same as in Table 3.
M	<i>Top Pages</i> : This metric depicts the most frequent application views per user and the corresponding function calls.
PMA	The generated user interaction data that is stored in the log database is used to apply certain calculations regarding the <i>conformance checking</i> method. This method uses the identification of functions and features that were performed e.g. in a final step. Assuming that no direct actions are required between the first and the last function, the user could jump directly to the last step of the application. The user can skip the functions between the first and the last step, which are not necessary to reach a process goal by using the generated quick-link. The check of whether a function is necessary to reach the goal of a business process and to generate the corresponding output is performed by the conformance check with the underlying process from the model repository.

Table 4: Dynamic Quick-Links

### 3.4.3 Functionality Overhead

The third concept concerns the overhead of functionality in business information systems. Users are often provided with more functionality than they need to complete certain tasks. This is because business information systems, in most cases, support a complex business process. Thus, an overhead of functionality mainly occurs in the area of standard software. The aim is to provide a user only those functionalities, which he actually needs to process a specific task. The sequence of different screens or buttons that are not used for that task within an application should be hidden from the user. By doing so, a complex application can be simplified for a specific user by providing context-sensitive information. A positive side effect is that the stored business processes can continuously be checked for a given task and can be continuously improved based on this generated information. This concept addresses very individualized user tasks on a fine-grained level, as opposed to the role concept in customizable standard software systems. Role concepts in general separate the users in certain groups with specific permissions and individually adapted graphical user interfaces (buttons, dropdowns etc.). However, the role concept is a static concept, which is implemented during the customizing phase of a software system. In contrast to that, the *functionality overhead* concept considers a much higher level of detail: It analyzes process instance data to determine the actual user interactions and to identify functionality that is never used by a certain user (“overhead”).

Functionality Overhead	
PG	<i>appId, sessionId, userId, timestamp, route, target, targetView</i> . Remark: The explanation is the same as the one mentioned in Table 3.
M	<i>Visitor Type, Visitor Length, Visitor Path, Top Pages</i> . Remark: The explanation is the same as in Table 3.
PMA	This technique also uses the <i>conformance checking</i> approaches from process mining. Thus, it is possible to make a comparison of the actual state and the desired state of the system by applying the mentioned metrics on the actual execution of the process. Functionalities which occur in the business processes and are held in the model repository but are not executed in the actual processes are identified by this method. However, it should be noted that the output of the functionality modeled in the process from a repository is also confirmed in the actual model.

**Table 5: Functionality Overhead**

## 4 Prototype

The implementation of the concept developed in this paper needs a business information system as a basis. For this reason, a use case was implemented to provide this necessary basis. The prototype was implemented to evaluate the developed concept *dynamic quick-links* and to demonstrate its effectiveness. The use case is part of a process to organize employees, projects and their mutual assignment. This tool is a so-called *staffing tool*. The tool supports an underlying business process; hence, it fulfills the requirements to apply the concepts of the presented framework. The tool itself contains projects and employees and helps project managers to organize and staff projects in an efficient way. It also displays the projects that have a demand for employees and the employees that have free capacities to work on a project. The prototype was implemented by using state-of-the-art technologies and strongly builds on in-memory databases. The prototype is divided in a front-end component, using the model-view-controller pattern, and a back-end system, which provides the business logic as well as the application storage. To implement the front-end of the prototype, we used the web application framework SAP UI5 (SAP SE 2014a) while the back-end component was

implemented in SAP HANA XS, which acts as the application layer in the overall architecture (SAP SE 2014b). With respect to the requirements of real-time data processing, performance is a crucial factor, which in turn favors the usage of in-memory databases (Plattner and Zeier 2015). Therefore, we use the in-memory database SAP HANA (Sikka 2013). Figure 2 shows a screenshot of the latest version of the prototype. The screenshot shows the basic functionality to view and edit the details of project and employee data records. On the top of the screen, there is a navigation bar, allowing access to different views of the application. The rest of the screen is vertically divided into a list of quick-links on the right side (see concept of *dynamic quick-links*), which is dynamically updated every time a user requests a particular application view. The left side of the screenshot shows a list of current projects with the possibility to switch to a project's detail view, which shows further information.

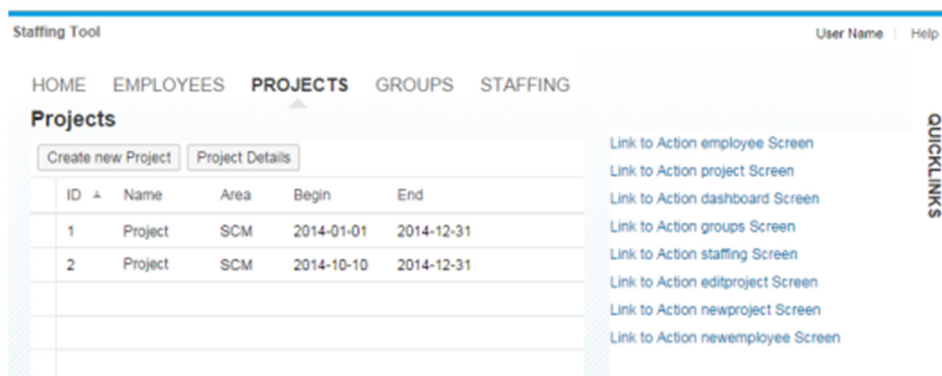


Figure 2: Screenshot of the Prototype

## 5 Evaluation

To evaluate our concept and its implementation, we used an evaluation scenario based on the use case implemented in the prototype. Therefore, we selected two persons with a background in project management: Both users were entrusted with the task of creating 50 datasets for current projects. For performing this task without a dynamic improvement of the software system, four steps were needed (*A*, *B*, *C* and *D*) for the insertion of each project or employee respectively. The number of four steps is due to the fact that a user (starting from *A*) had to “click through” two screens (*B* and *C*), which were irrelevant for the given task (on screen *D*), i.e. the screens were displayed to the user but immediately skipped by them. After some initial interactions, the system was able to analyse the recorded interaction data. From this analysis, the system could derive instances of the *ABCD*-process, which revealed that the tasks *B* and *C* were not necessary to perform the given task. The system then could provide a dynamic quick-link (from *A* to *D*), which led to an improvement from four steps to two steps only and a tremendous saving of time.

For both users, the concept provided an improvement of the application and an improvement of the necessary expenditure of time regarding the executed task. Another finding within the evaluation was that the first user noticed the dynamic quick-link already in the third iteration and used the quick-link provided by the dynamical improvement from then on. The second user noticed the dynamical improvement after the sixth iteration and then began using the dynamic quick-link. Hence, both users were using the application with a dynamical improvement in form of a personalized quick-link. This evaluation only provides a first indicator for the further development of the prototype as it is not based on a representative amount of test persons.

## 6 Summary and Future Work

The developed concepts provide a basis for the evaluation and improvement of web-based business information systems' usability. The paper at hand presents a framework to integrate the fields of mining methods, big data technologies and business process management and to integrate corresponding methods in order to improve the usability in a dynamic and user-specific way. With respect to *RQ1*, we found that especially the usability aspect *efficiency* can be analyzed and, under certain limitations, dynamically be improved, resulting in time savings achieved in the evaluation scenario. Regarding *RQ2*, we found that conceptual approaches from the field of web analytics (*gathering methods* and *metrics*) and approaches from the field of process mining (esp. *conformance checking*) are suitable for developing an integrated framework with certain techniques (*preloading of content*, *dynamic quick-links* and *functionality overhead*) to improve software systems. Regarding the developed prototype, we also show that in-memory databases can also be used to solve a software company's inherent problems like the improvement of self-developed software systems. Therefore, the presented framework shows that these concepts can help to improve the usability of business information systems in a dynamic way. The presented concepts are integrated within a comprehensive framework and provide a transparent method for the improvement of software systems.

However, our concepts as well as the implemented prototype still entail some limitations. The first limitation concerns the usage of the gathered data. In their current form, the concepts only consider a subset of the data, leaving potential for more detailed analysis and further concept development. For instance, the concept of dynamic quick-links does not consider any temporal aspects: regarding the use case scenario, if a user executes a given task  $x$  times, the system establishes a quick-link to the appropriate screen. If the task changes, causing the user to work on a different screen, an adequate quick-link is only provided after the user has executed this new task for  $x+1$  times. This means that temporal information regarding recent usage is not considered as a weighting factor for the ranking of the quick-link. As a second limitation, the prototype currently implements one of the proposed concepts (*dynamic quick-links*). Further investigations need to be done with respect to the integration of further concepts (*functionality overhead*, *preloading of content*) into the existing framework. In addition, the interoperability among the different concepts needs to be considered.

In the future, we plan on improving our research prototype. Against this background, we focus on a more detailed implementation of the current concepts and the development of additional concepts to extend the framework. In addition, the existing concepts will be evaluated by comprehensive user tests to gain more insights into the concepts' strengths and weaknesses. Additionally, the gathered data will be used to generate important information and statistics for the developers of business information systems. Therefore, aspects and metrics from software quality will be used to gain insights into the improvement potential of business information systems. Possible aspects are building on existing concepts of software improvement and integrating these steps into the application lifecycle of these software systems. It is also possible to provide this information in the context of a scrum-like organized development process to obtain early user feedback and be able to correct errors in a system in a very early stage of development.

## 7 References

- Booth D, Jansen B (2008) A review of methodologies for analyzing websites. *Handb Res web log Anal* 141–162.
- Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides JM (1994) *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley
- Gruhn V, Schneider M (1998) Workflow management based on process model repositories. In: *Proceedings of the 20th international conference on Software engineering*. pp 379–388
- Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design Science in Information Systems Research. *MIS Q* 28:75–105.
- ISO-Norm (1998) INTERNATIONAL Ergonomic requirements for office work with visual display terminals ( VDTs ) - Part 11 : Guidance on usability.
- Kambatla K, Kollias G, Kumar V, Grama A (2014) Trends in big data analytics. *J Parallel Distrib Comput* 74:2561–2573. doi: 10.1016/j.jpdc.2014.01.003
- Nielsen J (2012) Introduction to Usability. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Accessed 3 Oct 2013
- NIST (2014) NIST Big Data Interoperability Framework: Definitions. 2014
- Peterson ET (2004) *Web analytics demystified: A Marketer's Guide to Understanding How Your Web Site Affects Your Business*. Celilo Group Media
- Plattner H, Zeier A (2015) *In-Memory Data Management: Technology and Applications*. 2nd edn. Springer
- SAP SE (2014a) SAP UI5 Developer Guide. <https://sapui5.netweaver.ondemand.com/sdk/#docs/guide/95d113be50ae40d5b0b562b84d715227.html>. Accessed 25 Sep 2014
- SAP SE (2014b) SAP HANA XS JavaScript Reference. [http://help.sap.com/hana/sap\\_hana\\_xs\\_javascript\\_reference\\_en/index.html](http://help.sap.com/hana/sap_hana_xs_javascript_reference_en/index.html). Accessed 25 Sep 2014
- Scheer A-W (1994) *Business Process Engineering*, 2nd edn. Springer Berlin Heidelberg
- Scheer A-W (1999) *ARIS -Business Process frameworks*. Springer Berlin Heidelberg
- Sikka V (2013) Re-thinking the performance of information processing systems. 2013 IEEE 29th Int Conf Data Eng 9–13. doi: 10.1109/ICDE.2013.6544809
- Thaler T (2014) Towards Usability Mining. In: *Lecture Notes in Informatics - Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik (INFORMATIK-14), Big Data - Komplexität meistern*. Springer,
- Thaler T, Fettke P, Loos P (2015) Mining the Usability of Business Process Modeling Tools : Concept and Case Study.
- van der Aalst W (2012) Process mining: Overview and opportunities. *ACM Trans Manag Inf Syst* 3:1–17.
- van der Aalst W, Weijters T, Maruster L (2004) Workflow mining: discovering process models from event logs. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 16:1128–1142.
- van der Aalst WMP (2014) Process Mining in the Large: A Tutorial. In: Zimányi E (ed) *Third European Business Intelligence Summer School*. Springer International, Cham, pp 33–76
- vom Brocke J, Rosemann M (2010) *Handbook on Business Process Management* 1, 1st edn. Springer

# Integration Platform as a Service in der Praxis: Eine Bestandsaufnahme

Nico Ebert<sup>1</sup> und Kristin Weber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LearningCulture GmbH, Zürich, nico.ebert@gmail.com

<sup>2</sup> Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Fakultät Informatik und Wirtschaftsinformatik, kristin.weber@fhws.de

## Abstract

Cloud-basierte Plattformen zur Anwendungsintegration versprechen die einfache und kostengünstige Integration zwischen Anwendungen in der Cloud und bestehenden „On-Premise“-Anwendungen. Diese „Integration Platforms as a Service“ bieten zahlreiche Anwendungsadapter. Sie erlauben den einfachen grafischen Entwurf, die Ausführung und die Verwaltung von komplexen Integrationsprozessen in der Cloud. Mittlerweile existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Plattformen und die Literatur leistet bisher einen geringen Beitrag zu deren Systematisierung. Die vorliegende Arbeit schlägt deshalb eine erste Taxonomie für die Betrachtung und Bewertung der Plattformen vor und wendet diese auf vier Plattformen exemplarisch an. Die Taxonomie macht sich dabei bestehende Frameworks aus dem EAI- und Cloud-Kontext zunutze.

## 1 Einleitung und Motivation

Eine Alternative zur direkten Anbindung zwischen Anwendungen und zu Enterprise-Application-Integration-Plattformen (EAI) sind „Integration Platforms as a Service“ (IPaaS). Sie versprechen die Vorteile von Cloud-Lösungen (z. B. geringe Kapitalbindung, hohe Flexibilität, wenig erforderliches Betriebs-Know-how) in Kombination mit dem Nutzen von EAI-Plattformen (z. B. Reduktion der Schnittstellen-Anzahl durch zentralen Hub, standardisierte Anwendungsadapter). Das Schweizer Logistikunternehmen Kardex verwendet zum Beispiel eine Cloud-basierte Integrationslösung, um ERP, SaaS und mobile Anwendungen zu integrieren (Boillat u. a. 2014).

Anwender sehen sich bei der Auswahl und Bewertung von Plattformen mit einer großen Anzahl von Plattformen konfrontiert. Das Fehlen einheitlicher Begrifflichkeiten führt dazu, dass es für Anwender schwierig zu beurteilen ist, inwieweit ein Dienst die eigenen Bedürfnisse abdeckt. In der Literatur finden sich bisher jedoch keine Ansätze zum Vergleich und zur Bewertung unterschiedlicher Plattformen. Stattdessen liegt der Fokus primär auf der Beschreibung von Integrationsherausforderungen (Serrano u. a. 2014) und dem Entwurf von Architekturen für IPaaS (Potočník u. a. 2012; Kleeberg u. a. 2014, 48). Lediglich die Marktforscher setzen sich mit den bestehenden Lösungen auseinander (Pezzini u. a. 2015; Sharma 2015). Ausgehend von den Forschungsfragen „Welche IPaaS gibt es?“ und „Wie kann eine Taxonomie zur Auswahl von IPaaS

gestaltet sein?“ werden der Design Science-Ansatz (Hevner u. a. 2004) und die Ergebnisse einer Literaturanalyse genutzt, um Kriterien für eine Taxonomie abzuleiten. Darüber hinaus wurden 34 Plattformen gesichtet und von den 23 relevanten Plattformen vier exemplarisch bewertet.

Im Folgenden werden das der Arbeit zugrundeliegende Begriffsverständnis erläutert, verwandte Arbeiten betrachtet und die Lücke in der Literatur herausgestellt. In Kapitel 3 wird das Vorgehen bei der Erstellung der Taxonomie und der Recherche der Plattformen ausführlich dargestellt. Die exemplarische Bewertung der Plattformen und eine zusammenfassende Diskussion finden in Kapitel 4 statt. Schließlich fasst Kapitel 5 die bisherigen Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf die weiteren Forschungsarbeiten.

## 2 Begriffe und verwandte Arbeiten

### 2.1 Enterprise Application Integration

Die Kernidee des EAI-Ansatzes ist die Verknüpfung der Anwendungen über eine zentrale, anwendungsunabhängige Middleware-Komponente (Ruh u. a. 2000, 2f. Holten 2003). Anstatt jede Anwendung direkt mit jeder anderen zu verbinden, werden lediglich Verbindungen von jeder Anwendung zur „EAI-Plattform“ geschaffen. Dadurch reduziert sich die Anzahl der erforderlichen Schnittstellen (Kaib 2002, 130). Die zentrale Plattform übernimmt das „Matching“ der unterschiedlichen Datenschemata und die zentrale Ablaufsteuerung der Integration (Holten 2003). Der EAI-Ansatz sieht die Integration auf folgenden Ebenen vor (Linthicum u. a. 1999, 21; Ruh u. a. 2000, 19; Kaib 2002, 119):

1. *Daten* (z. B. Synchronisation zweier Datenbanken)
2. *Funktion*: Anwendungsschnittstelle, Service oder Methode (z. B. Funktionsaufruf zwischen Anwendungen)
3. *Geschäftsprozess* (z. B. Verknüpfung von Anwendungen und manuellen Arbeitsschritten über Workflows)
4. *Benutzeroberfläche* (z. B. Single Sign-on oder Integration von Benutzeroberflächen über Portale)

Der Fokus der ersten EAI-Plattformen lag zunächst auf dem asynchronen Austausch von Daten mittels Nachrichten zwischen Anwendungen zur Integration auf Daten- und Funktionsebene. Typische EAI-Bestandteile waren nachrichtenorientierte Middleware, Transaktionsmonitore für die gesicherte Anwendungskommunikation und standardisierte Anwendungsadapter für die Verbindung der Anwendungen mit der Plattform (Ruh u. a. 2000, 39ff.). Mit der Zeit erweiterten die Anbieter die EAI-Plattformen jedoch um Business Process Management (BPM)- und WebportalKomponenten zur Integration auf Ebene Geschäftsprozess und Benutzeroberfläche (vgl. z. B. (Oracle 2008)).

### 2.2 Platform as a Service

„Platform as a Service“ (PaaS) ist neben „Software as a Service“ (SaaS) und „Infrastructure as a Service“ (IaaS) eine spezifische Ausprägung des Cloud-Computing. Unter Cloud-Computing wird eine Dienstleistung verstanden, bei der virtuelle und selbstverwaltende Dienste, Anwendungen oder Ressourcen automatisch, flexibel und skalierbar über das Internet bereitgestellt werden. In der



Regel werden sie verbrauchsorientiert abgerechnet und setzen keine langfristige Kapitalbindung und kein Know-how zum Betrieb voraus (Repschläger u. a. 2010; Liu u. a. 2011, 1).

PaaS sind Entwicklungs- und Laufzeitumgebungen für selbst- oder fremdentwickelte Anwendungen bei denen der Nutzer das Deployment seiner Anwendungen steuern und die Hosting-Umgebung verwalten kann (Liu u. a. 2011, 21). Die zumeist visuellen Entwicklungsumgebungen erfordern wenig Programmierkenntnis. Ebenfalls existieren Laufzeitumgebungen für bestimmte Programmiersprachen mit Schnittstellen für das Einspielen und Ausführen webbasierter Anwendungen (z. B. Google App Engine für Python) (Tietz u. a. 2011).

### 2.3 Integration Platform as a Service

IPaaS zählen zu den PaaS und können als Weiterentwicklung von EAI-Plattformen verstanden werden. Pezzini u. a. (2011) definieren sie wie folgt: „[...] *a suite of cloud services enabling development, execution and governance of integration flows connecting any combination of on premises and cloud-based processes, services, applications and data within individual, or across multiple, organizations.*“

Die IPaaS sind mandantenfähige Systeme auf einer Cloud-Infrastruktur, in der sich verschiedene Kunden eine Instanz teilen. Die Entwicklung, Ausführung und Verwaltung der Integrationsprozesse erfolgt ganz oder partiell in der Cloud. Die Hersteller dieser Plattformen versprechen den besonders einfachen und schnellen grafischen Entwurf der Integrationsprozesse, die Nutzung einer Vielzahl existierender Anwendungsadapter und an den Geschäftserfolg gekoppelte Kosten aufgrund nutzungsorientierter Verrechnungsmodelle<sup>1</sup>. Häufig existieren Online-Marktplätze der Hersteller, über die Adapter, Prozessvorlagen und Datenmappings bezogen werden können. Erste Projekte bei Kunden deuten auf deutlich kürzere Umsetzungszeiten und geringere Kosten in Integrationsprojekten im Vergleich zu klassischen EAI-Plattformen hin (Dell 2013).

### 2.4 Bisherige Arbeiten und Forschungslücke

Generell war Literatur relevant, die IPaaS thematisiert sowie bestehende Plattformen beschreibt und vergleicht. Die Suche wurde via ACM Digital Library, AIS Electronic Library, EBSCOhost, IEEE Xplore, Google Scholar, ScienceDirect und SpringerLink mit den Stichworten „IPaaS“, „Integration Plattform as a Service“, „Cloud-basierte Integrationsplattformen“ und „Cloud EAI“ im Zeitraum 07-08/2015 durchgeführt und umfasste Konferenzbeiträge, Journals, Bücher und kommerzielle Veröffentlichungen von Analysten.

Einige Autoren betonen, dass sich die IPaaS in einer frühen Entwicklungsphase befinden und Herausforderungen im Zusammenhang mit B2B- und SaaS-Integration adressieren (Bolloju u. a. 2012; Marian 2012; Soomro u. a. 2012; Serrano u. a. 2014). Kleeberg u. a. (2014) sowie Potočník u. a. (2012) entwerfen jeweils eigene Architekturen für IPaaS, berücksichtigen jedoch bestehende Angebot nicht. Boillat u. a. (2014) beschreiben eine Praxisfallstudie in der eine IPaaS genutzt wurde. Einzig der Angebotsvergleich von Tietz u. a. (2011) umfasst auch einige IPaaS. Allerdings liegt der Fokus dort auf generellen Cloud-Entwicklungsmethoden und die betrachteten Plattformen umfassen SaaS, PaaS und IaaS. Dementsprechend ist die verwendete Taxonomie weniger für den direkten Vergleich von IPaaS untereinander geeignet. Lediglich die Marktforscher vergleichen aktuelle Plattformen (Pezzini u. a. 2015; Sharma 2015); allerdings sind die herangezogenen Auswahl- und Bewertungskriterien nicht transparent. Die Autoren dieses Artikels haben sich

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. [www.boomi.com/integration](http://www.boomi.com/integration) (Zugriff am 5.5.2015)

ebenfalls bereits mit dem Thema iPaaS befasst, allerdings mit dem Schwerpunkt auf der Nutzung in der Praxis (Ebert u. a. 2015a).

### 3 Methodischer Teil

Die grundsätzliche Vorgehensweise dieser Arbeit orientiert sich am Design Science-Framework nach Hevner u. a. (2004). Nach der Literaturrecherche und der Identifikation der Forschungslücke wurden relevante Plattformen identifiziert, die Taxonomie entwickelt (Artefakt) und ausgewählte Plattformen bewertet. Die Evaluation des Anbietervergleichs ist Gegenstand der weiteren Forschung und nicht Teil dieser Arbeit. Im Folgenden werden zunächst die identifizierten Plattformen und danach die Taxonomie dargestellt.

#### 3.1 Identifikation der betrachteten Plattformen

Entsprechend des Begriffsverständnisses in Abschnitt 2.1 wurde bei der Suche auf die aktuellen Marktübersichten der Marktforscher zurückgegriffen (Pezzini u. a. 2015; Sharma 2015) und parallel im Web mit den Begriffen „Integration Platform as a Service“, „iPaas“ und „Cloud Integration Platform“ gesucht. Um weitere Seiten mit Plattformen zu finden, wurde ferner nach zusätzlichen Backlinks auf die bereits gefundenen Suchresultate gesucht. So wurden auf Überblicksseiten (z. B. in Fachzeitschriften) weitere Plattformen aufgefunden. Insgesamt wurden so 35 Plattformen (Stand: November 2015) identifiziert. Hiervon richteten sich neun Angebote (z. B. Zapier, IFTTT) an Kleinunternehmen und Privatanwender und wurden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Sie bieten z. B. keine Adapter für ERP-Systeme oder die Möglichkeit zur Entwicklung und Anpassung von Adaptern. Bei den Plattformen RunMyProcess und Cloud Elements war der funktionale Fokus mit Business Process bzw. API-Management ebenfalls ein anderer als im zugrundeliegenden Plattformverständnis. Letztendlich wurden 24 Plattformen (vgl. Tabelle 1) als relevant klassifiziert.

Name	Anbieter	URL
Azuqua	Azuqua	<a href="http://www.azuqua.com">www.azuqua.com</a>
Babelway	Babelway	<a href="http://www.babelway.com">www.babelway.com</a>
BizTalk Services	Microsoft	<a href="http://azure.microsoft.com/de-de/services/biztalk-services/">azure.microsoft.com/de-de/services/biztalk-services/</a>
Boomi AtomSphere	Dell	<a href="http://www.boomi.com">www.boomi.com</a>
Cast Iron Live	IBM	<a href="http://www.ibm.com/software/products/en/cast-iron-live">www.ibm.com/software/products/en/cast-iron-live</a>
Celigo Integrator	Celigo	<a href="http://www.celigo.com/products/netsuite-integration">www.celigo.com/products/netsuite-integration</a>
Cirrus	Adaptris	<a href="http://www.adaptris.com/pages/products-and-services/cirrus">www.adaptris.com/pages/products-and-services/cirrus</a>
CloudBeam	Attunity	<a href="http://www.attunity.com/products/attunity-cloudbeam">www.attunity.com/products/attunity-cloudbeam</a>
Cloudbus	Tibco	<a href="http://cloudbus.tibco.com">cloudbus.tibco.com</a>
Cloudhub	MuleSoft	<a href="http://www.mulesoft.com">www.mulesoft.com</a>
Elastic.io	Elastic.io	<a href="http://www.elastic.io">www.elastic.io</a>
Flowgear iPaaS	Flowgear	<a href="http://www.flowgear.com">www.flowgear.com</a>
Hana Integration Cloud	SAP	<a href="http://cloudintegration.hana.ondemand.com">cloudintegration.hana.ondemand.com</a>
Harmony	Jitterbit	<a href="http://www.jitterbit.com">www.jitterbit.com</a>
Informatica Cloud	Informatica	<a href="http://www.informatica.com">www.informatica.com</a>

Integration Cloud	Talend	www.talend.com
Integration Cloud Service	Oracle	cloud.oracle.com/integration
Overcast	Vigience	www.vigience.com
Scribe Online	Scribe	www.scribsoft.com
SkyOnDemand	TerraSky	www.terrasky.com/skyondemand/
Skyvva	Skyvva	skyvva.com
Snaplogic	Snaplogic	www.snaplogic.com
webmethodscloud.com	Software AG	www.webmethodscloud.com
Youredi	Youredi	www.youredi.com

**Tabelle 1: Aktuelle Integration Platforms as a Service (eigene Darstellung)**

### 3.2 Erstellung der Taxonomie

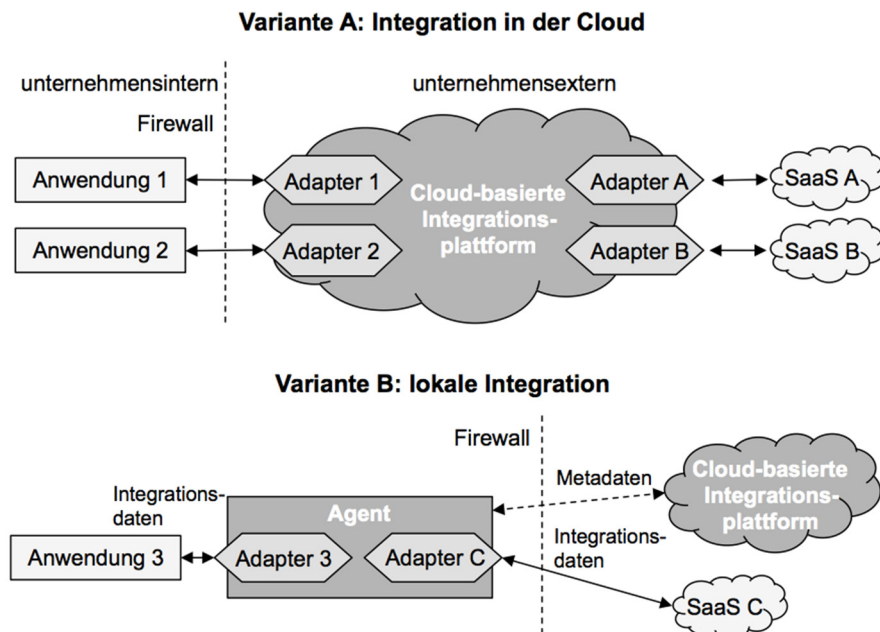
Die Taxonomie unterscheidet zwischen funktionalen und nicht-funktionalen Kriterien (in Anlehnung an Glinz 2007). Zunächst wurden die vorgenannten Herstellerwebsites und Plattformen grob betrachtet. Hierbei wurden zwei grundlegende Architekturvarianten für IPaaS identifiziert, die im Anschluss näher beschrieben werden. Danach erfolgte die Ableitung von funktionalen Kriterien anhand einer bestehenden Arbeit zu EAI. Für die nicht-funktionalen Kriterien wurde eine existierende Taxonomie für Cloud Service Provider verwendet.

#### 3.2.1 Funktionale Kriterien

Die funktionalen Kriterien basieren auf den Funktionsbausteinen klassischer EAI-Plattformen (Ring 2000) ausgehend von der Hypothese, dass die Funktionsbereiche der IPaaS identisch sind. Die *Prozessmanagement*<sup>2</sup>-Funktionalität dient der Ausführung der Transformationsoperatoren. In der Regel werden die Transformationsoperatoren mit Logikoperatoren (z. B. Verzweigungen) zu mehrstufigen Integrationsprozessen verknüpft. Je nach *Prozessart* können Daten sowohl im Batch-Modus als auch einzeln verarbeitet und zeitlich geplant oder ereignisorientiert von anderen Anwendungen gestartet werden. Aus der Angebotssichtung in Abschnitt 3.1 wurde deutlich, dass die *Prozessausführung* der IPaaS je nach Softwarearchitektur des Anbieters in der Cloud oder lokal erfolgen kann (vgl. Bild 1). Im ersten Fall erfolgt die Integration zwischen den beteiligten Anwendungen in der Cloud (Variante A). Daten von lokalen wie SaaS-Anwendungen werden gleichermaßen an die Cloud der Plattform übertragen und dort verarbeitet. In der Cloud werden nur Metadaten gespeichert. Das sind insbesondere Prozessmodelle, Datenstrukturen und Datenmappings sowie Konfigurationsdaten für Anwendungsadapter (z. B. Benutzername und Passwort). In diesem Fall liegt die Verantwortung für die Betreuung der Integrationsinfrastruktur vollständig beim Anbieter. Als Alternative zur Verarbeitung der Daten in der Cloud kann die Datenintegration auch lokal erfolgen (Variante B). Dabei wird in der lokalen Umgebung eine spezielle Laufzeitumgebung („Software Agent“) installiert. Die Daten von SaaS und lokalen Anwendungen werden an die lokale Laufzeitumgebung übermittelt und dort verarbeitet. Integrationsdaten werden in der Folge nicht in die Cloud des Plattformanbieters transferiert. Zwischen lokaler Laufzeit und Cloud werden lediglich Metadaten ausgetauscht, die in der Cloud gespeichert werden. Erfolgt die

<sup>2</sup> Mit „Prozess“ sind hier keine Geschäftsprozesse gemeint, sondern anwendungsnahe Abläufe.

Datenintegration lokal, ist das Unternehmen selbst für die Integrationsinfrastruktur (inkl. Lastverteilung) verantwortlich.



**Bild 1: Architekturvarianten Cloud-basierte Integrationsplattform (eigene Darstellung)**

Die Integrationsplattformen bieten umfangreiche Funktionen zur *Transformation der Daten* zwischen verschiedenen Datenquellen. Verschiedene Operatoren erlauben z. B. die Abbildung zwischen unterschiedlichen Datenschemata. Hierzu werden Abbildungsregeln zwischen den verschiedenen Datenmodellen definiert. Die *Konnektivität* wird insbesondere durch die *vorgefertigten Adapter* und *Kopplungsmechanismen* bestimmt. Durch die Adapter lassen sich Cloud- oder On-Premise-Anwendungen und Datenquellen anbinden. Sie reichen von einfachen Datei- oder HTTP-Adaptoren über Adapter für Geschäftsanwendungen (z. B. SOAP-Adapter für Salesforce.com) bis hin zu Adaptern für den zwischenbetrieblichen Datenaustausch (z. B. EDI). Die *Kopplungsmechanismen* der Plattformen entsprechen denen aktueller On-Premise-Middleware-Produkte und verknüpfen Anwendungen über Dateitransfers, asynchrone Nachrichten und synchrone Dienstaufrufe.

*Administrationsfunktionen* der Plattformen sind z. B. das Deployment und Monitoring der Integrationsprozesse und die Konfiguration der Laufzeitumgebung (z. B. Auswahl der Rechenleistung und geografische Verortung). Schließlich verfügen alle Plattformen über *Entwicklungswerkzeuge* für die grafische Modellierung, Schritt-für-Schritt-Erstellung und Konfiguration von Integrationsprozessen. Für die Eigenentwicklung von Adaptern und Transformationsoperatoren bieten die Plattformen ferner Software-Development-Kits (SDK).

### 3.2.2 Nicht-funktionale Kriterien

Für die Herleitung der nicht-funktionalen Kriterien wurde die generelle Taxonomie für Cloud Service Provider von Schlauderer u. a. (2015) und deren Reihenfolge der Kriterien herangezogen. Sie basiert auf der ISO 9126, subsummiert bestehende Arbeiten und unterscheidet zwischen den Bereichen *Servicevertrag*, *Vertrauenswürdigkeit*, *Technologie*, *IT-Sicherheit*, *Service Management* mit entsprechenden Unterkriterien. Als weiteres Kriterium wurde *Benutzbarkeit* aufgenommen

(vgl. Glinz (2007)). Der Bereich IT-Sicherheit wurde zudem um das Unterkriterium *Datenschutz* ergänzt (vgl. BSI (2012, 77)).

## 4 Ergebnisse

Die Taxonomie für IPaaS sowie die Bewertung der vier Plattformen Boomi Atomsphere, Informatica Cloud, Mulesoft Cloudhub und SAP HCI, denen Pezzini u. a. (2015) im „magischen Quadranten“ eine besondere „Vollständigkeit der Vision“ und „Fähigkeit zur Umsetzung“ attestieren, zeigt Tabelle 2. Die Bewertung stützt sich auf Testversionen, Produktbeschreibungen, Dokumentationen und Videos der Hersteller.

Der Fokus der betrachteten Plattformen ist die Integration auf Daten- und Funktionsebene (vgl. Abschnitt 2.1). Zwar nutzen alle Plattformen Integrationsprozesse, um eine Business Process Management-Funktionalität handelt es sich hierbei jedoch nicht (d. h. keine Integration auf Ebene Geschäftsprozess). Ebenso bietet keine der Plattformen die Integration auf Ebene Benutzeroberfläche. Die betrachteten Plattformen unterstützen sowohl Batch- als auch ereignisorientierte Prozesse. Speziell Informatica Cloud und SAP HCI bieten separate Programmmodule für einfache Batchprozesse, die auch von weniger versierten Anwendern genutzt werden können. Mit Ausnahme von Informatica erlauben die Anbieter die Verarbeitung der Daten in der Cloud. Dell, Informatica und Mulesoft ermöglichen auch die lokale Ausführung der Integrationsprozesse – in diesem Fall werden in der Cloud lediglich Metadaten wie Prozessvorlagen verarbeitet. Alle Plattformen bieten zahlreiche Verarbeitungsoperatoren und Adapter für Anwendungen. Im Detail unterscheidet sich jedoch, welche Anwendungsadapter (z. B. für SAP ERP) verfügbar sind und in welchem Funktionsumfang. Die Administration der Plattformen erfolgt generell über eine Weboberfläche – bei SAP HCI zusätzlich in der Entwicklungsumgebung. Dell Boomi ist die einzige Plattform bei der die Entwicklung der Integrationsprozesse vollständig über eine Weboberfläche erfolgt. Die anderen Plattformen bieten On-Premise-Entwicklungstools (z. B. auf Basis von Eclipse).

Die Benutzbarkeit der Plattformen wurde subjektiv mit den möglichen Ausprägungen *sehr gut*, *gut*, *befriedigend* und *schlecht* bewertet. Keine der vier Plattformen verfügte über eine schlechte Benutzbarkeit. Dell Boomi besitzt eine sehr einfach zu bedienende grafische Benutzeroberfläche. Integrationsprozesse können ohne Programmierkenntnisse über ein und dieselbe Oberfläche entworfen und produktiv gesetzt werden. Die Handhabung von MuleSoft war hingegen subjektiv komplexer und der Prozessentwurf findet innerhalb einer klassischen Entwicklungsumgebung statt, so dass ein Bruch beim Übergang zur Laufzeitumgebung und deren Benutzeroberfläche in der Cloud entsteht.

Kriterium	Boomi AtomSphere	Informatica Cloud	MuleSoft Cloudhub	SAP HCI
<b>Funktionale Kriterien</b>				
Prozessmanagement				
- Prozessarten	mehrstufige Prozesse (Batch/Einzel, Plan/Ereignis, eigene Syntax)	1. Batch (geplant) 2. mehrst. Prozesse (Batch/Einzel, Plan/Ereignis) 3. Workflows (z.B. BPEL)	mehrstufige Prozesse (Batch/Einzel, Plan/Ereignis, eigene Syntax)	1. Batch (Plan/ Ereignis) 2. mehrst. Prozesse (Batch/Einzel, Plan/ Ereignis, BPMN)
- Prozessausführung	lokal oder in der Cloud	lokal	(lokal oder) in der Cloud	Cloud
Transformation	>20 Operatoren	>40 Operatoren (PowerCenter)	>110 Op. (Eigententw. möglich)	>30 Operatoren (Integr. Designer)
Konnektivität				
- Adapter	>85 (z.B. SAP ERP, Oracle E-Business, Salesforce)	>121 (z.B. NetSuite, SAP ERP, Salesforce, Microsoft Dynamics)	>117 (z.B. SAP Business, Salesforce, Oracle E-Business)	Zahlreiche SAP-Adapter (z.B. HANA, ERP, SuccessFactors)
- Kopplungsmechanismen	Datei, Nachricht, Funktionsaufruf	Datei, Nachricht, Funktionsaufruf	Datei, Nachricht, Funktionsaufruf	Datei, Nachricht, Funktionsaufruf
Administration	via Web	via Web	via Web	via Web / Integration Designer
Entwicklung	via Web	via Web (Daten) / PowerCenter (komplexe Prozesse, Win. /Linux)	Anyoint Studio (Win./Linux/Mac)	via Web (Daten) / Integration Designer (komplexe Prozesse, Win./Linux/Mac)
Benutzbarkeit	sehr gut	gut	befriedigend	gut
Servicevertrag				
- Performanz	99,99% Verfügbarkeit, k.A. zur Performanz	k.A. zu Verfügbarkeit/Performanz	99,99% Verfügbarkeit, k.A. zur Performanz	k.A. zu Verfügbarkeit/Performanz
- Preis	ab 550 USD / Monat	ab 1000 USD / Monat	k.A.	k.A.
- Verletzung/Terminierung	Malus-System, k.A. zum Phase-Out	k.A.	Malus-System, k.A. zum Phase-Out	k.A.
Vertrauenswürdigkeit				
- Transparenz	Rackspace-Hosting (nur US)	Amazon AWS Hosting (US, EU)	Amazon AWS Hosting (US/EU)	eigene Rechenzentren (US/DE)
- Personalpolitik	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
- Kontrollmöglichkeit	lediglich Angaben zu Lieferanten (z.B. ISO27001)	k.A.	k.A.	k.A.
- Zertifizierungen		ISO 27001, PCI DSS, SOC 1	u.A. SOC 1/2, PCI, HiTrust	u.A. ISO 27001:2013 (unklarer Geltungsbereich), ISO 9001
<b>Nicht-funktionale Kriterien</b>				
Technologie				
- Kompatibilität	rudimentärer Export von Mappings, Plattform API	Im-/Export via Power Center, Plattform API	Im-/Export via Anyoint Studio, Plattform API	Im-/Export via Integration Designer u. Data Services
- Elastizität	gem. Rackspace	gem. Amazon	gem. Amazon	ja, gem. eigenen Angaben
- Modularität	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar
- Zugriff	IE, Firefox, Chrome, Safari	IE, Firefox, Chrome, Safari	IE, Firefox, Chrome, Safari	IE, Firefox, Chrome, Safari
IT Sicherheit				
- Sicherheitsarchitektur	ISO 27001 (ohne Plattform)	ISO 27001	ISO 27001 (ohne Plattform)	ISO 27001
- Datensicherheit	nur Speicherung von Metadaten (ohne Verschlüsselung), keine Details zu Daten	nur Speicherung von Metadaten (ohne Verschlüsselung), keine Details zu Daten	nur Speicherung von unverschlüsselten Meta Daten, Msg Queues ggf. verschlüsselt	Verschlüsselung gespeicherter Daten möglich
- Datenschutz	Safe Harbor	Safe Harbor, EU 95/46/EG	Safe Harbor, EU 95/46/EG	Safe Harbor, EU 95/46/EG
Service Management				
- Controlling	ISO 27001 (ohne Plattform), 24/7 Incident Mgmt	ISO 27001, 24/7 Incident Mgmt	ISO 27001 (ohne Plattform), 24/7 Incident Mgmt	ISO 27001, 24/7 Incident Mgmt
- Messung	Ja, Report via trust.boomi.com	Ja, Report via trust.informaticacloud.com	Ja, Report via trust.mulesoft.com	Ja, k.A. zum Report

Tabelle 2: Bewertung von vier Plattformen mittels der Taxonomie (eigene Darstellung)

Einige Anbieter machen öffentliche Angaben zu Service-Parametern (z. B. Verfügbarkeit) und etwaigen Erstattungen bei deren Nichteinhaltung. Boomi und Informatica Cloud geben auf ihren Webseiten Preise an, die abhängig von der Anzahl und Komplexität der Integrationsprozesse sind. Mit Ausnahme von SAP nutzen die Anbieter fremde Cloud-Infrastrukturen (z. B. AWS). Die Hersteller verfügen über unterschiedliche Informationssicherheitszertifikate. Boomi, Informatica und SAP geben an, ihr Informationssicherheitsmanagement-System nach ISO 27001 zertifiziert zu haben. Allerdings ist unklar, ob sich dessen Geltungsbereich auf die Infrastruktur (z. B. bereitgestellt von Amazon) oder auch auf die Entwicklung beim Anbieter selbst bezieht. Angaben zur Personalpolitik in Bezug auf das Thema Sicherheit oder zu Kontrollmöglichkeiten durch den Kunden (z. B. Vorort-Inspektionen) machen die Anbieter nicht. Während Boomi nur wenige Möglichkeiten bietet, Metadaten zu exportieren, bieten die anderen Hersteller Im- und Export-Funktionen in proprietären Formaten. Die Rechenkapazität der Infrastruktur kann bei allen Herstellern an unterschiedliche Verarbeitungsmengen (Skalierung) angepasst werden.

Alle Plattformen nutzen Vorgaben der ISO 27001 zum Aufbau der Sicherheitsarchitektur auf Ebene der IT-Infrastruktur. Gespeichert werden bei den Anbietern lediglich Metadaten (z. B. Prozessvorlagen); Passwörter für zu integrierende Anwendungen werden verschlüsselt. Alle Anbieter verpflichten sich im Falle der Datenverarbeitung in den USA gemäß dem Safe Harbor-Abkommen zu vergleichbaren Datenschutzstandards wie in der EU. Informatica, Mulesoft und SAP, die auch die Verarbeitung in der EU ermöglichen, geben zudem an, die EU-Datenschutzverordnung zu beachten. Schließlich bieten alle Anbieter ein 24/7-Incident Management und Boomi, Informatica und Mulesoft informieren auf speziellen Webseiten über ihre Service-Parameter und -Messwerte.

## 5 Fazit und Fortgang der Forschung

Basierend auf bestehenden Arbeiten wurden eine Taxonomie für die Bewertung von IPaaS vorgestellt, 24 IPaaS identifiziert und vier Plattformen exemplarisch bewertet. Die Taxonomie kann Praktikern bei der Auswahl einer geeigneten Plattform helfen und schafft eine bessere Vergleichbarkeit als die durch die Marktforscher hergestellte (vgl. z. B. (Sharma 2015)). Für die Wissenschaft besteht der Beitrag darin, das Phänomen der IPaaS besser zu verstehen und z. B. zu erforschen, wann eine EAI-Plattform und wann eine IPaaS eingesetzt wird.

Die nicht repräsentative Betrachtung der vier Plattformen ergab, dass sie grundsätzlich über vergleichbare Funktionalitäten verfügen, sich aber im Detail nach Benutzbarkeit sowie Anzahl und Art der vorhandenen Adapter unterscheiden. Aufgrund des Aufwands für die Eigenentwicklung eines Adapters könnten die vorhandenen Adapter ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Wahl der Plattform sein (vgl. Klesse u. a. (2005)). Ebenso verspricht die lokale Ausführung von Integrationsprozessen, die manche Plattformen bieten, zusätzliche Vorteile was Informationssicherheit und Datenschutzkonformität angeht. Vor dem Hintergrund der Abschaffung des Safe Harbor-Abkommens ist dieses Auswahlkriterium für Anwender besonders relevant. Insbesondere für die Verarbeitung von personenbezogenen Daten (z. B. Kunden- oder Personaldaten) dürften lediglich Plattformen in Frage kommen, die eine lokale Integration anbieten.

Das weitere Forschungsvorgehen betrifft sowohl die Bewertung der Plattformen als auch die Weiterentwicklung der Taxonomie selbst. Neben der Ausweitung der Bewertung auf die anderen 19 Plattformen empfiehlt sich zusätzlich zur Sichtung der frei verfügbaren Dokumente die direkte Befragung der Anbieter, um detaillierte Informationen zu den einzelnen Kriterien zu erhalten (z. B.

Vertragskonditionen, Personalpolitik). Zur Weiterentwicklung der Taxonomie ist im Sinne der Design Science im nächsten Schritt die Evaluation der Taxonomie erforderlich. Dazu eignet sich die Befragung von Anwendern, welche eine Plattform bereits einsetzen und Kenntnisse bezüglich eigener Entscheidungskriterien haben. Danach ist eine weitere Detaillierung der Kriterien vorstellbar z. B. im Bereich IT-Sicherheit (vgl. (Ebert u. a. 2015b)). Anhaltspunkte hierzu liefern u. a. das BSI (vgl. (BSI 2012)) und die Cloud Security Alliance (CSA 2014).

## 6 Literatur

- Boillat T, Legner C (2014) Why Do Companies Migrate Towards Cloud Enterprise Systems? A Post-Implementation Perspective. 2014 IEEE 16th Conf Bus Informatics 1:102–109. doi: 10.1109/CBI.2014.46
- Bolloju N, Murugesan S (2012) Cloud-based B2B systems integration for small-and-medium-sized enterprises. In: Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics. ACM, S 477–480
- BSI (2012) Eckpunktepapier - Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI, Bonn
- CSA (2014) Cloud Controls Matrix. [https://cloudsecurityalliance.org/research/ccm/#\\_downloads](https://cloudsecurityalliance.org/research/ccm/#_downloads). Accessed 21 Juli 2015
- Dell (2013) Gaining cloud benefits in application integration while maintaining full data security. <http://blogs.boomi.com/bod/2013/04/novartis-uses-dell-boomi-ipaas-to-phase-out-integration-middleware-and-expand-integration-capability.html>. Accessed 21 Juli 2015
- Ebert N, Weber K (2015a) Cloud-basierte Plattformen zur Anwendungsintegration – Angebote und Praxisbeispiel. HMD Prax der Wirtschaftsinformatik 52:931–944. doi: 10.1365/s40702-015-0186-5
- Ebert N, Weber K (2015b) Sicherheit von Cloud-basierten Plattformen zur Anwendungsintegration: eine Bewertung aktueller Angebote. In: Konferenzbeiträge des Information Security Day 2015. FHWS, Würzburg,
- Glinz M (2007) On Non-Functional Requirements. In: 15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007). IEEE, S 21–26
- Hevner AR, March ST, Park J, et al (2004) Design Science in Information Systems Research. MIS Q 28:75–105.
- Holten R (2003) Integration von Informationssystemen. Wirtschaftsinformatik 45:41–52. doi: 10.1007/BF03250882
- Kaib M (2002) Enterprise Application Integration: Grundlagen, Integrationsprodukte, Anwendungsbeispiele. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden
- Kleeberg M, Zirpins C, Kirchner H (2014) Information Systems Integration in the Cloud: Scenarios, Challenges and Technology Trends. In: Brunetti G, Feld T, Heuser L, u. a. (Hrsg) Future Business Software. Springer International Publishing, S 39–54
- Klesse M, Wortmann F, Schelp J (2005) Erfolgsfaktoren der Applikationsintegration. Wirtschaftsinformatik 47:259–267. doi: 10.1007/BF03254913



- Linthicum DS, Wesley PA (1999) David S. Linthicum Publisher: Addison Wesley.
- Liu F, Tong J, Mao J, et al (2011) NIST Cloud Computing Reference Architecture Recommendations of the National Institute of Standards and. Nist Spec Publ 292:1–28.
- Marian M (2012) iPaaS: Different Ways of Thinking. *Procedia Econ Financ* 3:1093–1098. doi: 10.1016/S2212-5671(12)00279-1
- Oracle (2008) Overview Of WebLogic Integration. [http://docs.oracle.com/cd/E13214\\_01/wli/docs102/overview/1intro.html](http://docs.oracle.com/cd/E13214_01/wli/docs102/overview/1intro.html). Accessed 30 Juli 2015
- Pezzini M, Lheureux BJ (2011) Integration platform as a service: moving integration to the cloud. *Gartner* 1–9.
- Pezzini M, Natis Y V, Malinverno P, et al (2015) Magic Quadrant for Enterprise Integration Platform as a Service. *Gartner* 1–35.
- Potočnik M, Juric MB (2012) Integration of SaaS using iPaaS. In: *The 1st International Conference on CCloud Assisted ServiceS*. S 35–51
- Repschläger J, Pannicke D, Zarnekow R (2010) Cloud Computing: Definitionen, Geschäftsmodelle und Entwicklungspotenziale. *HMD Prax der Wirtschaftsinformatik* 47:6–15. doi: 10.1007/BF03340507
- Ring K (2000) EAI: Making the right Connections. *Ovum Reports* 1–9.
- Ruh WA, Maginnis FX, Brown WJ (2000) *Enterprise application integration : a Wiley tech brief*. John Wiley & Sons, New York
- Schlauderer S, Overhage S (2015) Selecting Cloud Service Providers - Towards a Framework of Assessment Criteria and Requirements. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. S 76–90
- Serrano N, Hernantes J, Gallardo G (2014) Service-Oriented Architecture and Legacy Systems. *IEEE Softw* 31:15–19. doi: 10.1109/MS.2014.125
- Sharma S (2015) Ovum Decision Matrix: Selecting an Integration PaaS (iPaaS) Solution, 2015-2016. <http://www.ovum.com/research/ovum-decision-matrix-selecting-an-integration-paas-ipaas-solution-2015-2016/>. Accessed 10 Juli 2015
- Soomro TR, Awan AH (2012) Challenges and Future of Enterprise Application Integration. *Int J Comput Appl* 42:42–45.
- Tietz V, Blichmann G, Hübsch G (2011) Cloud-Entwicklungsmethoden. *Informatik-Spektrum* 34:345–354. doi: 10.1007/s00287-011-0531-1



# Deriving a Framework for Causes, Consequences, and Governance of Shadow IT from Literature

Andreas Kopper<sup>1</sup> and Markus Westner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Faculty of Business and Economics, andreas.kopper@mailbox.tu-dresden.de

<sup>2</sup> OTH Regensburg, Faculty of Computer Sciences and Mathematics,  
markus.westner@oth-regensburg.de

## Abstract

Shadow IT is a widespread phenomenon which includes systems, services, and processes that are not part of the “official” corporate IT. The topic is still an emerging research area and slowly gaining traction in recent years but a state of the art analysis is missing to date. We therefore conduct a structured literature review to derive a framework for causes, consequences, and governance of Shadow IT. We identify motivators, enablers, and missing barriers as causes for Shadow IT, both positive and negative consequences on an organizational and a technical level and governance approaches which focus on clearance of existing or prevention of future Shadow IT. Our review reveals that constructivist, qualitative design using a case study approach dominates existing research. There are no dominant theories yet to explain Shadow IT. We also highlight possibilities for future research to focus on the less explored governance aspect.

## 1 Introduction

Shadow IT is a multi-faceted phenomenon and is currently referred to differently in literature. Alternative concepts include, e.g., “feral systems” (Houghton and Kerr 2006), “un-enacted projects” (Buchwald and Urbach 2012), or “feral practices” (Thatte et al. 2012). To take a broader view, we define Shadow IT as systems, services, and processes that are not part of the “official” corporate IT. Practitioner reports show the relevancy and the need for a better understanding of Shadow IT, suggesting that it is a steadily increasing phenomenon in organizations (Gartner 2014; Frost & Sullivan 2013).

Shadow IT is still an emerging research area but gaining more attention in recent years. However, to the best of our knowledge there is no state of the art analysis available yet. The intention of this paper is therefore to give an overview of existing research about Shadow IT by reviewing existing literature. The paper provides a summary of research results, identifies different research streams within the field of Shadow IT, and suggests opportunities for future research. It advances the field and contributes to further theory development by serving as a foundation and starting point for future researchers (Levy and Ellis 2006; Okoli and Schabram 2010; Webster and Watson 2002).

We apply the taxonomy of literature reviews as defined by Cooper (1988) and adapted by Brocke et al. (2009) to position this paper regarding its focus, goal, organization, perspective, audience, and coverage. The grayed fields in Figure 1 highlight our orientation. The taxonomy is often applied in IS research (Hamel et al. 2010; Lehmkuhl and Jung 2013; Strasser and Westner 2015), and thus ensures research continuity.

Characteristic	Categories			
(1) focus	research outcomes	research methods	theories	applications
(2) goal	integration	criticism		central issues
(3) organisation	historical	conceptual		methodological
(4) perspective	neutral representation		espousal of position	
(5) audience	specialised scholars	general scholars	practioners/politicians	general public
(6) coverage	exhaustive	exhaustive and selective	representative	central/pivotal

Figure 1: Paper orientation along taxonomy of literature reviews (Brocke et al. 2009, 8)

## 2 Selection

To conduct a rigorous (Brocke et al. 2009) literature review, we referred to steps described by Levy and Ellis (2006), Bandara et al. (2011) and Okoli and Schabram (2010) and divided our approach in “selection” (literature search) and “results” (extraction of data and synthesis of studies).

We identified the keywords shadow, feral, workaround, un-enacted, unsanctioned, and schatten and combined them with IT, systems, projects, systeme, and projekte. We applied the combinations to title, abstract, keywords, and full text. We limited results to peer reviewed resources with more than five pages, written in English or German, and published between January 2000 and July 2015 which covers more than 15 years. We relied on databases and conferences commonly used in IS research for our search (Bandara et al. 2011; Levy and Ellis 2006). The results are shown in Figure 2. We conducted a practical screening (Okoli and Schabram 2010) to only consider relevant resources. The selection of relevant literature was validated by the second author using random sampling. For the relevant resources, we conducted forward and backward reference search (Brocke et al. 2009; Webster and Watson 2002) as well as forward and backward author search (Levy and Ellis 2006) for completeness.

Type	Database / search step	Results	Relevant
Journals	ABI/INFORM Complete (ProQuest)	128	5
	Business Source Complete (EBSCO Host)	112	9
	Emerald Insight	135	0
	IEEE Xplore / Electronic Library Online	57	0
	ScienceDirect (Elsevier) (Subject limited to "Business, Management and Accounting" and "Computer Science")	177	5
Conf.	AISel (ACIS, AMCIS, ECIS, ICIS, PACIS)	90	28
	IEEE Xplore / Electronic Library Online (HICSS)	254	0
All	Backward reference search	n/a	9
	Forward reference search	n/a	2
	Backward/forward author search	n/a	1
	<b>Total</b>	n/a	<b>59</b>

After removal of duplicates:	
Type	Relevant
Journals	17
Conf.	35
<b>Total</b>	<b>52</b>

Figure 2: Search results

After completing all search steps we ended up with 52 relevant articles we used in the extraction phase. Most of the contributions (35; 67%) are conference proceedings whereof the majority was presented at ECIS (8; 23%), AMCIS (7; 20%), and ICIS (6; 17%). The 17 journal articles are distributed fairly equally in 15 different periodicals. 46% of all publications occurred in 2014 and the first half of 2015 alone whereas the remaining ones were published over a period of 11 years from 2003 to 2013. This shows that research regarding Shadow IT is gaining popularity.

### 3 Results

#### 3.1 Extraction

We used the framework defined by Creswell (2013) to code the methodological research aspects and differentiate philosophical worldviews (postpositivist, constructivist, transformative, pragmatic), research design (qualitative, quantitative, mixed method), and research approach (survey research, case study, etc.). Figure 3 shows an overview of those codes and Figure 4 shows the detailed coding results. We also coded data gathering and data analysis methods and the number of quantitative datasets, cases, and case interviews if applicable. In addition, we extracted reference theories, notations and definitions of Shadow IT, point of view (organizational, individual), and primary stance on Shadow IT (positive, neutral, negative).

For coding content-wise research themes we referred to categories we labelled “causes”, “consequences”, and “governance”. Theme categorization is a common approach in (IS) literature reviews (e.g., Dibbern et al. 2004, Haag and Eckhardt 2014a; Lehmkuhl and Jung 2013). For a more granular breakdown we used an open coding approach (Neuman 2009). The resulting codes are visualized in Figure 4 thus resembling a concept matrix as suggested by Webster and Watson (2002). The codes were verified by the second author using random sampling. 10 resources were completely recoded along 9 categories with an exact match of 75 (83%) codes.

#### 3.2 Existing research

Design	#	Approach	#	Worldview	#	Data gathering	#
Qualitative	35	Case study	21	Constructivist	42	Case interviews	11
		Case study, grounded theory	6	Postpositivist	5	Non-empirical	8
		Other (design science)	3	Pragmatic	4	Case interviews, case documents	8
		Unspecified	2	Transformative	1	Expert interviews	4
		Grounded theory	2			Case interv., case docum., observ.	4
		Ethnography	1			Unspecified	3
Non-empir.	8	Non-empirical	8	<b>Data analysis</b>			
Quant.	5	Survey research	3	Unspecified	19	Surveys	3
		Experimental research	2	Coding	19	Expert interviews, surveys	3
Mixed method	4	Convergent parallel	3	Non-empirical	8	Case interviews, observation	3
		Exploratory sequential	1	PLS	4	Laboratory experiment	2
				Process maps	1	Expert interviews, case interviews	1
				Network analysis	1	Case interviews, surveys	1
						Case documents	1

Figure 3: Overview of research design and approach, worldview, data analysis and data gathering

We identified 27 different reference theories and concepts used by researchers to explain Shadow IT. Only few of them (e.g., Actor Network Theory, Configuration Theory) were used in more than one publication. A dominant theory or concept is missing. The reason probably is because Shadow IT is an emerging research area. Supporting this conclusion, we found that 81% (42) of articles follow a constructivist worldview with most of them using qualitative research designs and case study research approaches with case interviews to gather data.

We identified 12 different notations for the phenomenon of Shadow IT. In 37% of all publications “Shadow IT” was used as the primary notation but also other terms such as “Shadow systems” (12%), “Un-enacted projects” (6%), or “Stealth adoption” (2%) were used. A unifying taxonomy for Shadow IT is missing. More studies focus on an organizational view (65%) rather than on an individual (10%) or mixed view (25%). The primary stance on Shadow IT is neutral (67%) with studies acknowledging both advantages and disadvantages of Shadow IT. The remaining ones have a predominantly negative (29%) stance rather than a positive (4%) one.

Reference	Causes						Consequences								Governance						Research setup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Motivators	Enablers	Missing	Barriers	Other		Organizational		Technical				Clearance		Prevention																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Figure 4: Literature coding results

### 3.3 Research themes

#### 3.3.1 Research themes categorization framework

Figure 5 shows our framework for structuring research themes of Shadow IT along causes, consequences, and governance. The figure also shows the relative representation of all factors in current research on Shadow IT.

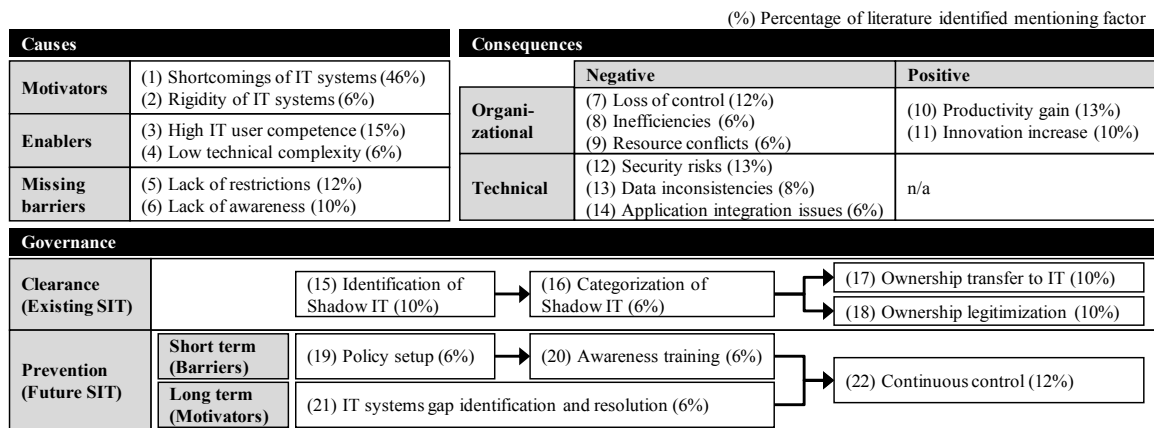


Figure 5: Framework for causes, consequences, and governance of Shadow IT

#### 3.3.2 Causes

Causes for Shadow IT consist of motivators (1, 2), enablers (3, 4), and missing barriers (5, 6).

**(1) Shortcomings of IT systems** are mentioned in the majority of publications as causes for Shadow IT. A wide range of studies demonstrate the emergence of Shadow IT in the context of Enterprise Resource Planning (ERP) implementations caused by the lack of fit of the systems with users' requirements (Behrens and Sedera 2004; Bob-Jones et al. 2008; Boudreau and Robey 2005; Houghton and Kerr 2006; Huuskonen and Vakkari 2013; Jones et al. 2004; Kerr et al. 2007; Lyytinen and Newman 2015; Silva and Fulk 2012). Other studies identify dissatisfaction with corporate IT (Ahuja and Gallupe 2015), poor system fit to local needs and resulting loss of productivity (Spierings 2012), restrictions that limit productivity (Davison and Ou 2015), and IT system constraints (Haag and Eckhardt 2014a) as additional causal factors for Shadow IT. From a benefit perspective, Shadow IT is justified by productivity gains (Haag 2015; Haag and Eckhardt 2015; Ortbach 2015; Röder et al. 2014; Schalow et al. 2013; Zimmermann and Rentrop 2014).

**(2) Rigidity of IT systems** has a reinforcing effect on the emergence of Shadow IT if - in addition to shortcomings - systems are highly standardized, inflexible, and hard to adapt (Houghton and Kerr 2006; Kretzer 2015). As a result, users develop Shadow IT solutions as an alternative due to its easy adaptability (Györy et al. 2012).

**(3) High IT user competence** to independently build or procure systems without involving the IT department is a reinforcing factor for the emergence of Shadow IT (Chua et al. 2014). IT user competence is steadily increasing, especially as more technically proficient new employees are joining organizations (Ahuja and Gallupe 2015). In addition to expertise also sufficient resources enable to build or procure Shadow IT (Behrens and Sedera 2004; Jones et al. 2004; Buchwald et al. 2014; Schalow et al. 2013; Spierings 2012; Zimmermann and Rentrop 2014).

**(4) Low technical complexity** of solutions which can be utilized for Shadow IT increase its occurrence. More complex spreadsheet solutions are often mentioned as an example for Shadow IT (Chua et al. 2014; Spierings 2012; Kretzer and Maedche 2014) as they are easy to use and usually do not require complex setup. The ability to quickly procure and setup cloud solutions without deep technical expertise additionally fosters Shadow IT (Hetzenecker et al. 2012; Walters 2013).

**(5) Lack of restrictions**, i.e., the lack of explicit IT usage restriction policies, are an influencing factor leading to Shadow IT (Haag and Eckhardt 2014a; Haag and Eckhardt 2015). Similarly, the extent of Shadow IT depends on its degree of legitimacy to the organization as a whole (Chua et al. 2014; Klesel et al. 2015). Negatively associated factors are sanction intensity (Dittes et al. 2015) and higher IT governance centralization (Zainuddin 2012).

**(6) Lack of awareness** of organizational IT policies contributes to Shadow IT (Dittes et al. 2015) and when people are willing to ignore policies for the benefit of individual performance gains (Klesel et al. 2015). Also lack of awareness about security risks (Haag 2015), a denial of rule necessity and a denial of injury through rule violation (Haag and Eckhardt 2015) and simple naivety about potential risks contribute to Shadow IT (Silic and Back 2014).

**Other** causal factors for Shadow IT less frequently mentioned in literature are self-determination needs (Ahuja and Gallupe 2015), improvised learning or social influence (Boudreau and Robey 2005), job autonomy, leader supportiveness, sociopolitical support, organizational flexibility, entrepreneurial orientation (Buchwald et al. 2014), procedural justice (Dittes et al. 2015), organizational identification (Haag 2015), personal innovativeness (Ortbach 2015), and utilization of workarounds based on a risk-benefit analysis (Röder et al. 2014) on an individual/cognitive level. On the organizational level, business IT misalignment (Zimmermann and Rentrop 2014), structural conditions (centrality of organizational and IT unit) and relational conditions (trust, identification, and dependence on IT unit) are influencing factors (Zainuddin 2012). Power is one of the more abstract concepts used to describe causes for Shadow IT. Users can react antagonistic (for example through workarounds) to information systems which are used by the management to extend power on operational activities (Silva and Fulk 2012) whereas processual power held by the operational managers is a driving force for Shadow IT (Kerr et al. 2007; Singh 2015).

### 3.3.3 Consequences

We identified consequences on an organizational (7, 8, 9, 10, 11) and a technical level (12, 13).

**(7) Loss of control** through Shadow IT is caused by systems working outside predefined structures (Behrens 2009) and therefore a disruption of the controlled environment (Györy et al. 2012). This leads to general non-compliance with management intentions and organizational goals (Alter 2014; Röder et al. 2014). A more specific example is loss of data control through Shadow IT (Walters 2013; Walterbusch 2014).

**(8) Inefficiencies** result from the loss of potential synergies which could have been achieved by scaling up or reusing beneficial local autonomous systems in other organizational units (Györy et al. 2012; Kretzer and Maedche 2014). Specific examples for that are similar Business Intelligence (BI) reports developed by different individuals which could have been centrally maintained and reused (Kretzer 2015).

**(9) Resource conflicts** arise by inefficiencies and tied up resources by Shadow IT (both creation and maintenance) which are then not available for official IT initiatives (Blichfeldt and Eskerod 2008; Buchwald and Urbach 2012; Singh 2015).



**(10) Productivity gains** for individuals are part of the positive consequences of Shadow IT which are also part of the main motivators for Shadow IT in the first place (Ahuja and Gallupe 2015; Singh 2015; Schalow et al. 2013; Walterbusch 2014; Huuskonen and Vakkari 2013). In a simple form, workarounds enable continuation of work despite obstacles and therefore retain individual productivity (Alter 2014; Röder et al. 2014).

**(11) Innovation increase** is another positive aspect of Shadow IT perceived in literature (Kretzer and Maedche 2014; Walterbusch 2014). In certain instances, Shadow IT can even bring increased organizational stability and order (Behrens 2009) or can be used as a low-cost prototype for an IT system (Ebeling et al. 2013). It is also a way for employees to faster adapt to environmental changes themselves instead of relying on changes of rigid enterprise systems (Singh 2015).

**(12) Security risks** are amongst the most recognized negative consequences of Shadow IT (Györy et al. 2012; Kretzer and Maedche 2014; Walterbusch 2014) with loss of data or information leakage being emphasized in literature (Schalow et al. 2013; Silic and Back 2014). Especially privacy issues need to be considered when dealing with highly sensitive personal data (Huuskonen and Vakkari 2013; Walters 2013).

**(13) Data inconsistency** can be a downside to loose coupling or a low degree of integration (Berente et al. 2008) and is identified as one of the highest risks of Shadow IT (Silic and Back 2014). Especially in the field of BI data inconsistencies and redundancies can have significant implications on the accuracy of reports (Kerr and Houghton 2008; Kretzer 2015).

**(14) Application integration issues** are a consequence from the isolated nature of Shadow IT. Creators of Shadow IT hardly consider or are able to integrate their systems in the overall enterprise architecture (Hetzenecker et al. 2012) resulting in compatibility issues (Walterbusch 2014). However, in certain circumstances loose coupling can be an enabler for flexibility in an organization (Berente et al. 2008).

**Other** less frequently mentioned consequences include fulfillment of self-determination needs (Ahuja and Gallupe 2015), culture wars in the organization (Behrens 2009), institutionalized and persistent workarounds if gaps are not addressed (Bijan Azad 2012), future inevitability of external stakeholders as part of the IT governance structure (Ferneley 2007), and continuity risks due to missing backups (Walterbusch 2014).

### 3.3.4 Governance

We identified two governance approaches focusing on clearance of existing Shadow IT (15, 16, 17, 18) or on prevention of future Shadow IT (19, 20, 21, 22).

**(15) Identification** of Shadow IT is an important first step in being able to deal with the phenomenon (Tambo and Bækgaard 2013; Walterbusch 2014). Suggested methodologies include technical analysis, interpretation of help desk requests, interface data and other documents, and also direct interviews with employees (Fürstenau and Rothe 2014; Rentrop and Zimmermann 2012; Zimmermann et al. 2014).

**(16) Categorization** or evaluation is the next step after identification in dealing with existing Shadow IT and being able to focus efforts. One approach is to rate systems along the dimensions relevance, quality, size, innovative potential and parallelism (Rentrop and Zimmermann 2015), and to visualize the results by creating a risk map (Zimmermann et al. 2014). Another approach is to conduct a network analysis using enterprise architecture data to identify Shadow IT systems with

high centrality (for example high dependencies between systems) which impose the highest risk to the overall IS architecture (Fürstenau and Rothe 2014).

**(17) Ownership transfer** of Shadow IT to the official IT systems portfolio is one possible solution based on systems' evaluations. Possible ways can be just a strategic transfer of the systems to the IT department (Walterbusch 2014; Zimmermann and Rentrop 2014) or a re-development of the instances (Zimmermann et al. 2014). However, a complete transfer of all identified Shadow IT presupposes that the additional amount of required resources is available in the IT department (Blichfeldt and Eskerod 2008).

**(18) Ownership legitimization** means that certain Shadow IT instances are not transferred to the IT department after identification and the responsibility for maintenance stays with the current business user (Györy et al. 2012; Zimmermann and Rentrop 2014). This is a way to reduce the IT department resource needs which arise from (17) ownership transfer. Certain control can be retained by setting up a pool of loosely controlled resources to support the initiatives (Blichfeldt and Eskerod 2008). Recognizing the legitimacy or even necessity of Shadow IT in operational contexts, a parallel enterprise architecture methodology could be set up to focus on this type of systems (Tambo and Bækgaard 2013). In a more specific BI context it is suggested to balance standardized systems with individually developed supplements (Kretzer 2015).

**(19) A formal policy setup** and proper governance structures resulting from an organizational strategy about Shadow IT needs to be in place in order to have clear guidelines on all levels (Walterbusch 2014; Zimmermann and Rentrop 2014). Possible mindsets can include prohibited, undesired, tolerated, accepted, or encouraged (Tambo and Bækgaard 2013).

**(20) Awareness** of the formal policies is a precondition for its adherence. In the case of security, a user's policy awareness directly influences his/her perceived security risk (Haag and Eckhardt 2014b). Increasing awareness of policies is therefore key for IT standard adherence (Klesel et al. 2015; Walterbusch 2014).

**(21) IT systems gap identification and resolution** is a long term approach to target shortcomings of IT systems as one of the main causes for Shadow IT. IT departments are supposed to better capture users' IT needs and respond to those needs (Klesel et al. 2015). Additionally, IT departments should improve their business competencies and better integrate IT department decision makers with stakeholders in the business units (Winkler and Brown 2013). Only one publication is discussing proactive identification of process gaps, continuous fit analysis, and ex-ante fit analysis of IT systems (Tambo and Bækgaard 2013).

**(22) Continuous control** includes technical monitoring, policy enforcement, and possible punishment in case of rule violation (Györy et al. 2012; Zainuddin 2012). Technological enforcement seems to be more effective than governance by rules only (Klesel et al. 2015). A possible embodiment for that can be a role-based access control framework (Walters 2013). Bring your own device (BYOD) is another form of technical control (Walterbusch 2014), especially in combination with enterprise app stores, only providing apps certified by central IT (Beimborn and Palitza 2013). BYOD can be seen as the user-driven middle ground to governance approaches in contrast to IT control with high centrality and user-oriented governance with shifted responsibility to the user (Györy et al. 2012).

**Other** approaches mentioned are participatory governance (expanding to more internal and external stakeholders) (Andriole 2015) and improved business-IT alignment to reduce emerging Shadow IT (Zimmermann and Rentrop 2014; Zimmermann et al. 2014).

## 4 Summary and outlook

In this paper we suggested a framework for structuring existing research findings on Shadow IT along causes, consequences, and governance. Causes are well represented in literature but less attention is paid to consequences. Governance is still underrepresented. It is interesting that only one paper is mentioning proactive identification of IT systems gaps as a governance approach despite shortcomings in existing IT systems being one of the main motivators for Shadow IT. Future research in the Enterprise Architecture field could study the effects of innovativeness and agility as a method to prevent IT systems gaps and therefore also Shadow IT. On a more general level, a taxonomy of Shadow IT unifying all the different notions and concepts used in literature could help to provide a better understanding for researchers and guide future efforts. Future research could also evaluate which reference theories are most adequate to explain Shadow IT. Postpositivist quantitative research designs could then validate the theories. Our research is based on existing literature and we do not investigate causalities of factors within and between the categories “causes, consequences, and governance”. Future researchers could use our framework to collect empirical data and study those correlations.

## 5 Literature

- Ahuja S, Gallupe B (2015) A Foundation for the Study of Personal Cloud Computing in Organizations. In: AMCIS 2015 Proceedings
- Alter S (2014) Theory of Workarounds. *Communications of the ACM* 34(1):1041–1066
- Andriole SJ (2015) Who Owns IT? *Communications of the ACM* 58(3):50–57
- Bandara W, Miskon S, Fielt E (2011) A Systematic, Tool-Supported Method for Conducting Literature Reviews in Information Systems. In: ECIS 2011 Proceedings
- Behrens S (2009) Shadow Systems: The Good, the Bad and the Ugly. *Communications of the ACM* 52(2):124–129
- Behrens S, Sedera W (2004) Why Do Shadow Systems Exist after an ERP Implementation? Lessons from a Case Study. In: PACIS 2004 Proceedings
- Beimborn D, Palitza M (2013) Enterprise App Stores for Mobile Applications: Development of a Benefits Framework. In: AMCIS 2013 Proceedings
- Berente N, Yoo Y, Lyytinen K (2008) Alignment or Drift? Loose Coupling over Time in NASA's ERP Implementation. In: ICIS 2008 Proceedings
- Bijan Azad NK (2012) Institutionalized Computer Workaround Practices in a Mediterranean Country: An Examination of Two Organizations. *European Journal of Information Systems* 21(4):358–372
- Blichfeldt BS, Eskerod P (2008) Project Portfolio Management: There's More to It Than What Management Enacts. *International Journal of Project Management* 26(4):357–365
- Bob-Jones B, Newman M, Lyytinen K (2008) Picking up the Pieces after A "Successful" Implementation: Networks, Coalitions and ERP Systems. In: AMCIS 2008 Proceedings
- Boudreau M, Robey D (2005) Enacting Integrated Information Technology: A Human Agency Perspective. *Organization Science* 16(1):3–18

- Brocke J, Simons A, Niehaves B, Niehaves B, Reimer K, Plattfaut R, Cleven A (2009) Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. In: ECIS 2009 Proceedings
- Buchwald A, Urbach N (2012) Exploring the Role of Un-Enacted Projects in IT Project Portfolio Management. In: ICIS 2012 Proceedings
- Buchwald A, Urbach N, Ahlemann F (2014) Understanding the Organizational Antecedents of Bottom-up Un-Enacted-Projects. In: ECIS 2014 Proceedings
- Chua C, Storey V, Chen L (2014) Central IT or Shadow IT? Factors Shaping Users' Decision to Go Rogue with IT. In: ICIS 2014 Proceedings
- Cooper HM (1988) Organizing Knowledge Syntheses: A Taxonomy of Literature Reviews. *Knowledge in Society* 1(1):104–126
- Creswell JW (2013) *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4th Edition. Sage publications, Thousand Oaks, CA
- Davison R, Ou C (2015) Subverting Organisational IT Policy: A Case in China. In: AMCIS 2015 Proceedings
- Dibbern J, Goles T, Hirschheim R, Jayatilaka B (2004) Information Systems Outsourcing: A Survey and Analysis of the Literature. *ACM SIGMIS Database* 35(4):6–102
- Dittes S, Urbach N, Ahlemann F, Smolnik S, Müller T (2015) Why Don't You Stick to Them? Understanding Factors Influencing and Counter-Measures to Combat Deviant Behavior Towards Organizational IT Standards. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*
- Ebeling B, Köpp C, Breitner M (2013) Diskussion eines Prototyps für das dezentrale Management von Forschungsressourcen an deutschen Hochschulinstituten. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*
- Ferneley EH (2007) Covert End User Development: A Study of Success. *Journal of Organizational and End User Computing* 19(1):62–71
- Frost & Sullivan (2013) The Hidden Truth behind Shadow IT: Six Trends Impacting Your Security Posture. <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-six-trends-security.pdf>. Accessed 2 July 2015
- Fürstenau D, Rothe H (2014) Shadow IT Systems: Discerning the Good and the Evil. In: ECIS 2014 Proceedings
- Gartner (2014) Embracing and Creating Value from Shadow IT. <https://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-2AG5N3Q&ct=150223&st=sb>. Accessed 2 July 2015
- Györy A, Cleven A, Uebernickel F, Brenner W (2012) Exploring the Shadows: IT Governance Approaches to User-Driven Innovation. In: ECIS 2012 Proceedings
- Haag S (2015) Appearance of Dark Clouds? An Empirical Analysis of Users' Shadow Sourcing of Cloud Services. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*
- Haag S, Eckhardt A (2014a) Normalizing the Shadows: The Role of Symbolic Models for Individuals' Shadow IT Usage. In: ICIS 2014 Proceedings

- Haag S, Eckhardt A (2014b) Sensitizing Employees' Corporate IS Security Risk Perception. In: ICIS 2014 Proceedings
- Haag S, Eckhardt A (2015) Justifying Shadow IT Usage. In: PACIS 2015 Proceedings
- Hamel F, Herz T, Uebernickel F, Brenner W (2010) State of the Art: Managing Costs and Performance of Information Technology. In: AMCIS 2010 Proceedings
- Hetzenecker J, Sprenger S, Kammerer S, Amberg M (2012) The Unperceived Boon and Bane of Cloud Computing: End-User Computing vs. Integration. In: AMCIS 2012 Proceedings
- Houghton L, Kerr DV (2006) A Study into the Creation of Feral Information Systems as a Response to an ERP Implementation within the Supply Chain of a Large Government-Owned Corporation. *International Journal of Internet & Enterprise Management* 4(2):135–147
- Huuskonen S, Vakkari P (2013) "I Did It My Way": Social Workers as Secondary Designers of a Client Information System. *Information Processing & Management* 49(1):380–391
- Jones D, Behrens S, Jamieson K, Tansley EE (2004) The Rise and Fall of a Shadow System: Lessons for Enterprise System Implementation. In: ACIS 2004 Proceedings
- Kerr D, Houghton L (2008) Feral Systems: The Likely Effects on Business Analytics Functions in an Enterprise Resource Planning System Environment. In: ACIS 2008 Proceedings
- Kerr D, Houghton L, Burgess K (2007) Power Relationships That Lead to the Development of Feral Systems. *Australasian Journal of Information Systems* 14(2):141–152
- Klesel M, Mokosch G, Niehaves B (2015) Putting Flesh on the Duality of Structure: The Case of IT Consumerization. In: AMCIS 2015 Proceedings
- Kretzer M (2015) Linking Report Individualization and Report Standardization: A Configurational Perspective. In: ECIS 2015 Proceedings
- Kretzer M, Maedche A (2014) Generativity of Business Intelligence Platforms: A Research Agenda Guided by Lessons from Shadow IT. In: Proceedings of the MKWI 2014
- Lehmkuhl T, Jung R (2013) Towards Social CRM: Scoping the Concept and Guiding Research. In: BLED 2013 Proceedings
- Levy Y, Ellis TJ (2006) A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. *Informing Science: International Journal of an Emerging Transdiscipline* 9(1):181–212
- Lyytinen K, Newman M (2015) A Tale of Two Coalitions: Marginalising the Users While Successfully Implementing an Enterprise Resource Planning System. *Information Systems Journal* 25(2):71–101
- Neuman WL (2009) Social research methods: Quantitative and qualitative approaches, 7th Edition. Pearson, Harlow, Essex
- Okoli C, Schabram K (2010) A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts* 10(26)
- Ortbach K (2015) Unraveling the Effect of Personal Innovativeness on Bring-Your-Own-Device (BYOD) Intention: The Role of Perceptions Towards Enterprise-Provided and Privately-Owned Technologies. In: ECIS 2015 Proceedings

- Rentrop C, Zimmermann S (2012) Shadow IT: Management and Control of Unofficial IT. In: Proceedings of the ICDS 2012
- Rentrop C, Zimmermann S (2015) Shadow IT Evaluation Model. In: Proceedings of the FedCSIS 2015
- Röder N, Wiesche M, Schermann M (2014) A Situational Perspective on Workarounds in It-Enabled Business Processes: A Multiple Case Study. In: ECIS 2014 Proceedings
- Schalow P, Winkler T, Repschlaeger J, Zarnekow R (2013) The Blurring Boundaries of Work-Related and Personal Media Use: A Grounded Theory Study on the Employee's Perspective. In: ECIS 2013 Proceedings
- Silic M, Back A (2014) Shadow IT: A View from behind the Curtain. *Computers & Security* 45:274–283
- Silva L, Fulk HK (2012) From Disruptions to Struggles: Theorizing Power in ERP Implementation Projects. *Information and Organization* 22(4):227–251
- Singh H (2015) Emergence and Consequences of Drift in Organizational Information Systems. In: PACIS 2015 Proceedings
- Spierings A (2012) What Drives the End User to Build a Feral Information System? In: ACIS 2012 Proceedings
- Strasser A, Westner M (2015) Information Systems Offshoring: Results of a Systematic Literature Review. *Journal of Information Technology Management* 26(2):70–142
- Tambo T, Bækgaard L (2013) Dilemmas in Enterprise Architecture Research and Practice from a Perspective of Feral Information Systems. In: EDOCW 2013 Proceedings
- Thatte S, Grainger N, McKay J (2012) Feral Practices. In: ACIS 2012 Proceedings
- Walterbusch M (2014) Schatten-IT: Implikationen und Handlungsempfehlungen für Mobile Security. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 51(1):24–33
- Walters R (2013) Bringing IT out of the Shadows. *Network Security* 2013(4):5–11
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *Management Information Systems Quarterly* 26(2):13–23
- Winkler TJ, Brown CV (2013) Horizontal Allocation of Decision Rights for On-Premise Applications and Software-as-a-Service. *Journal of Management Information Systems* 30(3):13–48
- Zainuddin E (2012) Secretly Saas-Ing: Stealth Adoption of Software-as-a-Service from the Embeddedness Perspective. In: ICIS 2012 Proceedings
- Zimmermann S, Rentrop C (2014) On the Emergence of Shadow IT: A Transaction Cost-Based Approach. In: ECIS 2014 Proceedings
- Zimmermann S, Rentrop C, Felden C (2014) Managing Shadow IT Instances: A Method to Control Autonomous IT Solutions in the Business Departments. In: AMCIS 2014 Proceedings

# Blickpunkt ERP-Usability – Eine Literaturanalyse

**Christian Lambeck<sup>1</sup> und Christian Leyh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> TUPAG-Holding-AG Mühlhausen, c.lambeck@tupag.de

<sup>2</sup> Technische Universität Dresden, Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik, christian.leyh@tu-dresden.de

## Abstract

Relevante Studien, welche sich im Schwerpunkt mit den Defiziten der grafischen Benutzerschnittstelle von ERP-Systemen befassen, sind in der Literatur nur selten zu finden. Während Übersichten und Analysen zu ERP-Themen wie etwa kritischen Erfolgsfaktoren (sog. Critical Success Factors, CSF), der Verbreitung von ERP-Systemen oder auch ihrer Wirkung auf das Unternehmen zahlreich existieren, sind Usability- und empirische Untersuchungen weniger präsent. In diesem Beitrag wird deshalb zunächst ein kurzer Überblick über angrenzende Arbeiten gegeben, indem eine auf Usability und ERP-Systeme fokussierte Literaturanalyse wissenschaftlicher Publikationen durchgeführt wird. Im Ergebnis zielt dieser Beitrag auf eine umfassende und überblickgebende Darstellung der bisherigen Forschungsschwerpunkte im Bereich der Usability von ERP-Systemen sowie angrenzender Gebiete.

## 1 Einleitung und Motivation

Der hohe Verbreitungsgrad von ERP-Systemen birgt in der Konsequenz zahlreiche Forschungsfragen zu Auswahl, Einführung, Anpassung, Betrieb und Entwicklung dieser Anwendungssystemklasse. Der Fokus der vorliegenden Literaturrecherche wird jedoch bewusst auf die Usability von ERP-Systemen und insbesondere auf die User Interfaces gelegt, da hier ein Defizit in der Forschung besteht. (Lambeck 2014) Um eine Bestandsaufnahme zur Forschung im Bereich ERP-Usability zu erheben, werden im Folgenden die Methodologie des eigenen Vorgehens sowie die Ergebnisse der Analyse vorgestellt. Die als relevant identifizierten Beiträge wurden hinsichtlich Forschungsschwerpunkt, Jahr der Publikation, methodischem Vorgehen sowie weiteren Kriterien klassifiziert, um u.a. die folgenden Fragestellungen beantworten zu können:

- Wie groß ist der Anteil an konkreten, praxisnahen Lösungsansätzen im Vergleich zu allgemeinen, analytischen Untersuchungen zu Defiziten und Abhängigkeiten?
- Wie ist die Forschungslandschaft hinsichtlich möglicher Forschungsschwerpunkte mit Fokus Usability partitioniert?

## 2 Methodologie

Mit dem Ziel, einen Überblick zum Stand der Forschung im Bereich der Usability von ERP-Systemen zu geben, wurden einige Einschränkungen vorgenommen, um zum einen die große Menge an Forschungsarbeiten handhaben zu können, zum anderen, um den Fokus auf das Thema zu schärfen. Diese Fokussierungen umfassen die Auswahl geeigneter Datenquellen, die Bestimmung eines angemessenen Suchzeitraums, die Definition relevanter Schlüsselwörter sowie die Definition von Ordnungskriterien, um die Ergebnismenge abschließend zu strukturieren.

### 2.1 Definition der Datenquellen

Um die thematisch relevanten Forschungen ausfindig zu machen, wurde sich auf Suchportale bezogen, die wissenschaftliche Beiträge verwalten und zahlreiche Konferenzen im betrachteten Forschungsfeld beinhalten. Diese ermöglichen die Suche anhand von Schlüsselwörtern und bestimmten Zeitbereichen in unterschiedlich detaillierter Form. Die Anwendung der Suchbegriffe erfolgte primär auf die Eigenschaften *Titel*, *Schlagworte*, *Forschungsdisziplin* sowie *Kurzfassung*. Darüber hinaus umfasste die Einschränkung auf Forschungsdisziplinen- soweit vorhanden und anwendbar - die Ausprägungen *Computer und Informationssysteme*, *Business/ Management/ Wirtschaft*, *Ingenieurwesen*, *Design*, *Operations Research* sowie *Interdisziplinär*. Somit konnte die initiale Treffermenge bereits um diejenigen Teilbereiche reduziert werden, welche ein «artfremdes» Forschungsfeld adressieren. Eine Übersicht der verwendeten Plattformen mit ihren vorhandenen und genutzten Suchmöglichkeiten findet sich in Tabelle 1.

Datenquelle	Verfügbare und verwendete Suchoptionen					
	Titel	Abstract	Keywords	Disziplin	Zeitbereich	log. Verkn.
ACM Digital Library	●	●	●	◐	●	◐
Complete Search DBLP	●	○	○	○	◐	●
IEEE Xplore Digital Library	●	●	●	○	●	◐
Mendeley	●	●	◐	●	●	●
Microsoft Academic Research	●	●	○	●	●	◐
Science Direct	●	●	●	●	●	◐

● voll unterstützt    ◐ mit Einschränkungen unterstützt    ○ nicht unterstützt

**Tabelle 1: Verwendete Datenquellen (Forschungsportale) und Suchoptionen**

### 2.2 Definition der Schlüsselwörter

Als elementarster Baustein der Recherche kann die Definition der Schlüsselwörter angesehen werden. Insbesondere die Verwendung von Akronymen und Synonymen erschwert die fokussierte Identifikation relevanter Publikationen und erhöht die Varianz bzw. das «Rauschen» innerhalb der Ergebnismenge. Weiterhin steigt hierdurch die initiale Gesamttrefferzahl erheblich, da auch Duplikate erfasst werden. Die ausgewählten Schlüsselwörter und ihre Kombinationen wurden auf alle Datenquellen angewandt und umfassen «ERP» sowie «enterprise resource planning» zur Eingrenzung des Anwendungsbereichs sowie «usability», «user experience», «user satisfaction»



und «design» als thematische Schwerpunkte. Dabei wurden die einzelnen Worte eines Suchterms durch ein logisches UND verknüpft, sodass alle Bestandteile in einem potentiellen Ergebnis enthalten sein müssen. Um den Umfang der Ergebnismenge zu begrenzen, wurden weiterhin die folgenden Konventionen getroffen und angewendet:

1. ist die initiale Trefferzahl größer als 200, werden die wesentlichen Bestandteile des Suchterms (z.B. «user» und «satisfaction») zusammengezogen («user satisfaction»). Besteht der Suchterm nur aus einem Bestandteil, gilt Regel 2.
2. ist die initiale Trefferzahl größer als 200, wird dem Suchterm ein weiteres, limitierendes Wort angefügt (z.B. «design» führt zu «interface design»)

### 2.3 Definition der Ordnungskriterien

Als notwendige Voraussetzung für die Beantwortung der eingangs formulierten Fragestellungen bedarf es weiterhin einer Strukturierung der Ergebnismenge. Hierzu werden diverse Kriterien aufgestellt, die wesentliche Eigenschaften der Beiträge erfassen. Diese können grundsätzlich in drei Arten unterschieden werden:

1. Quelle: Eigenschaften, die bei der Suche zum Auffinden des Beitrags geführt haben. Sie sind somit unabhängig vom Beitrag und können als externe Eigenschaften angesehen werden. Beispiele sind die verwendete Datenquelle selbst, die Schlüsselworte, nach denen gesucht wurde oder auch die Einschränkungen in der Forschungsdisziplin.
2. Paper: Eigenschaften, die rein äußerlich erkennbare Merkmale eines Beitrags darstellen. Sie können ohne tiefgründige Kenntnis des Inhalts identifiziert werden. Beispiele sind Autoren, Jahr oder gar der Schwerpunkt, sofern sich dieser bereits aus Titel oder Kurzfassung ableiten lässt.
3. Inhalt: Eigenschaften, deren Bestimmung die Auseinandersetzung mit dem Inhalt erfordern. Beispiele sind die Unterkategorie sowie die Bewertung der Relevanz des Beitrags. Die Relevanz gibt dabei lediglich den Bezug zum Thema «Usability», «User» und «User Interface» wieder und bewertet damit ausdrücklich nicht den wissenschaftlichen Wert insgesamt. Ein Beitrag mit hoher Relevanz zeichnet sich im Verständnis dieser Untersuchung durch die explizite Untersuchung des User Interfaces, der Usability oder des Nutzer-Bild-Dialoges aus und beschreibt in unmittelbarer Nähe zum Anwender die expliziten Problemstellungen, Zusammenhänge oder Lösungsansätze in der Bedienung eines ERP-Systems.

### 2.4 Suche und Konsolidierung

In diesem Schritt wurde die Suche anhand des in Abbildung 1 dargestellten Schema durchgeführt. Hierbei ergaben sich zunächst 824 Treffer in der Summe aller Anfragen auf allen Plattformen (Pkt. 2). Die anschließende, erste Phase der Reduzierung widmete sich dem Kontext der Beiträge (Pkt. 3). Hierbei galt es falsch-positive Ergebnisse auszuschließen, die unter dem Akronym «ERP» z.B. «event-related potentials» im Bereich der Brain-Computer-Interfaces (BCI) oder auch «Ethernet Ring Protection» im Bereich der Netzwerke verstehen. Diese Ergebnisse treten insbesondere bei Plattformen auf, die über keine weitere Eingrenzung hinsichtlich der Forschungsdisziplin verfügen. Im Ergebnis dieses ersten Schrittes verblieben 658 Beiträge in der Ergebnismenge. Hierin sind somit nur noch Publikationen enthalten, die «Enterprise Resource Planning» oder «ERP» in der intendierten Wortbedeutung enthalten. Da diese Begriffe jedoch oftmals auch in angrenzenden Themenbereichen Verwendung finden, muss es sich bei dem Beitrag nicht notwendigerweise um

«Kern-ERP»-Themen handeln, sodass angrenzende Bereiche wie z.B. allgemeine Informationssysteme, Product Lifecycle Management (PLM), Cloud, Service-oriented Architecture (SOA) ebenso den Schwerpunkt des Beitrags bilden können. Aus diesem Grund fokussierte die zweite Phase der Reduzierung auf die thematische Relevanz des Beitrags (Abbildung 1, Pkt. 4). Diese Phase der Reduzierung betrachtete die Publikationen - sofern ausreichend - weitestgehend äußerlich anhand von Kriterien der Art Paper, z.B. des Titels, der Kurzfassung oder der angeführten Autoren-Schlagworte. Im Ergebnis konnten insgesamt 292 themenrelevanten Publikationen identifiziert werden. Im letzten Schritt wurden die Teilmengen aller Plattformen im Rahmen einer Konsolidierung zusammengeführt (Pkt. 5). Dabei erfolgte zunächst die Eliminierung von Redundante innerhalb der Ergebnismenge einer jeden Plattform und führte zu insgesamt 165 Ergebnissen. Anschließend wurden alle Teilmengen der Plattformen zu einer Gesamtergebnismenge zusammengeführt, indem die Duplikate erster Stufe (offensichtlich identische Publikationen) sowie Duplikate zweiter Stufe (erneute, inhaltlich identische Publikation der gleichen Autoren ohne additive Aussage) ausgeschlossen wurden. Im Ergebnis dieser letzten Phase konnten final 100 Beiträge als relevant für die nachfolgende, inhaltliche Analyse identifiziert werden. Aufgrund des limitierten Umfangs können die Beiträge nicht detailliert dargestellt, aber auf Anfrage bei den Autoren bezogen werden.

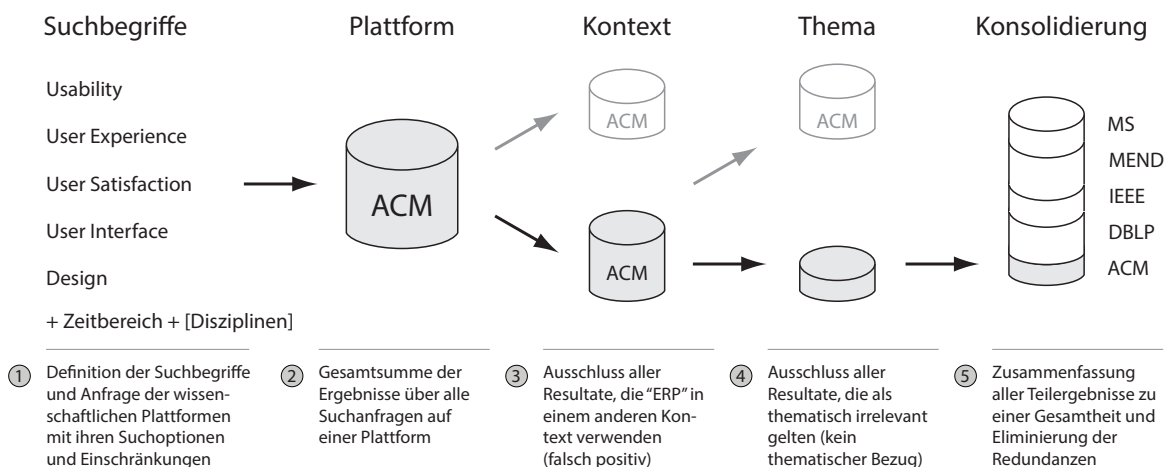


Abbildung 1: Methodik der Literaturanalyse am Beispiel der ACM-Plattform

## 2.5 Inhaltsanalyse

Eine tiefgründigere, inhaltliche Betrachtung erfolgte im Anschluss an die Aufnahme aller externen Eigenschaften und der Konsolidierung. Um die Ergebnismenge weiter zu differenzieren, wird der Inhalt in einem konkreten Forschungsschwerpunkt zugeordnet. Die hierfür verwendeten Schwerpunkte entstanden nach einer ersten Analyse des Inhalts. Sie lassen sich wie folgt charakterisieren:

**Usability-Systembewertung:** Dieser Forschungsbereich beinhaltet die Feststellung der Usability eines konkreten ERP-Systems (IST-Stand), die Auseinandersetzung mit Usability- Inspektionsmethoden oder auch die Komposition von Kriterien zur Messung der Gebrauchstauglichkeit.

**Faktorenanalyse, Modelle, Erfolgsmessung:** In diesem Forschungsbereich werden Verfahren subsumiert, die - zumeist im Rahmen der Kausalitätsanalyse - theoretische Zusammenhänge in einem Gesamtsystem untersuchen, um daraus allgemeingültige Aussagen für eine Domäne ableiten zu können.

**User Interface Design und Konzeption:** Hierin werden diverse Methoden und Konzepte betrachtet, die einen expliziten Fokus auf der grafischen Benutzerschnittstelle haben. Hierzu zählen sowohl adaptive und generative UI-Verfahren, als auch Interface-Konzepte und prototypisches Design.

**Training, Erlernbarkeit, Dokumentation:** Dieser Forschungsbereich beinhaltet alle Methoden, Dokumente oder Rahmenbedingungen bezüglich der Schulung und Fortbildung der ERP-Anwender vor oder während der Verwendung des Systems.

**Heuristiken, Richtlinien, Handlungsempfehlungen:** Während das User Interface Design den praktischen, «materiellen» Teil der Lösungsansätze und Strategien beinhaltet, sind in diesem Forschungsbereich die «ideellen» Anteile subsumiert. Sie umfassen Vorgaben und «Best-Practices» die ggf. nur mittelbar anwendbar sind, jedoch für die gesamte Domäne einen Anspruch auf Gültigkeit besitzen. Beispiele sind das User-Centered oder auch das Contextual Design.

**Verhaltensforschung, Emotionen, Kultur:** In diesem Forschungsbereich stehen vorrangig soziokulturelle Fragestellungen im Vordergrund, die Auswirkungen auf die Einführung, Anpassung oder Bedienung eines ERP-Systems haben. Oftmals werden hierbei diverse Kontexte (d.h. Anwendergruppen aus unterschiedlichen Ländern oder Kulturen) miteinander verglichen.

Aufgrund des begrenzten Umfangs dieser Arbeit werden in der folgenden Ergebnisdarstellung die Bereiche Faktorenanalyse, Modelle, Erfolgsmessung sowie Verhaltensforschungen, Emotionen und Kultur nicht näher betrachtet, um den Fokus auf die grafische Benutzerschnittstelle zu schärfen.

### 3 Ergebnisdarstellung und Diskussion

In der Ergebnismenge befinden sich 51 Konferenz- sowie 49 Journalbeiträge. Bezüglich ihrer Relevanz wurden 22 Beiträge als hoch, 19 Beiträge als mittel und 59 Beiträge als gering eingestuft. Basierend auf der Gesamtmenge von 100 Publikationen entstammen 11 Beiträge aus dem Bereich der Usability-Systembewertung, 38 Beiträge aus dem Bereich der Faktorenanalyse, Modelle und Erfolgsmessung, 25 Beiträge aus dem Bereich des User Interface Design und Konzeption, 18 Beiträge aus dem Bereich Training, Erlernbarkeit, Dokumentation, 5 Beiträge aus dem Bereich der Heuristiken, Richtlinien, Handlungsempfehlungen sowie 3 Beiträge aus dem Bereich der Verhaltensforschung, Emotionen, Kultur. Den Schwerpunkt der Forschung bilden somit die Auseinandersetzung mit Modellen, wie etwa IS Success oder TAM, das User Interface Design sowie das Training und die Erlernbarkeit der Software. Die primäre Identifikation von Usability-Problemen, als auch die Ableitung von Richtlinien oder kulturelle Aspekte sind hingegen deutlich unterrepräsentiert. Unter Berücksichtigung des Zeitraums kann weiterhin festgestellt werden, dass die Auseinandersetzung mit dem Thema ERP-Usability seit 2003 deutlich zugenommen hat. Existierten zu Beginn des Betrachtungszeitraums lediglich drei Publikationen, so stieg die Zahl in 2013 auf insgesamt 14 Beiträge an. Publikationen im Bereich der Usability-Systembewertung sind bis 2010 nur sehr vereinzelt anzutreffen, während sich ihre Anzahl in 2011 und 2013 leicht erhöhte. Aufgrund der aktuellen Entwicklungen und der ansteigenden Bedeutung des Themas kann vermutet werden, dass sich die Anzahl der Beiträge perspektivisch erhöhen wird. Eine Auswahl an Beiträgen wird in den nachfolgenden Abschnitten anhand der Forschungsschwerpunkte mit Fokus Usability ausführlicher diskutiert. Abbildung 2 fasst die quantitative Zusammensetzung der finalen Ergebnismenge noch einmal zusammen.

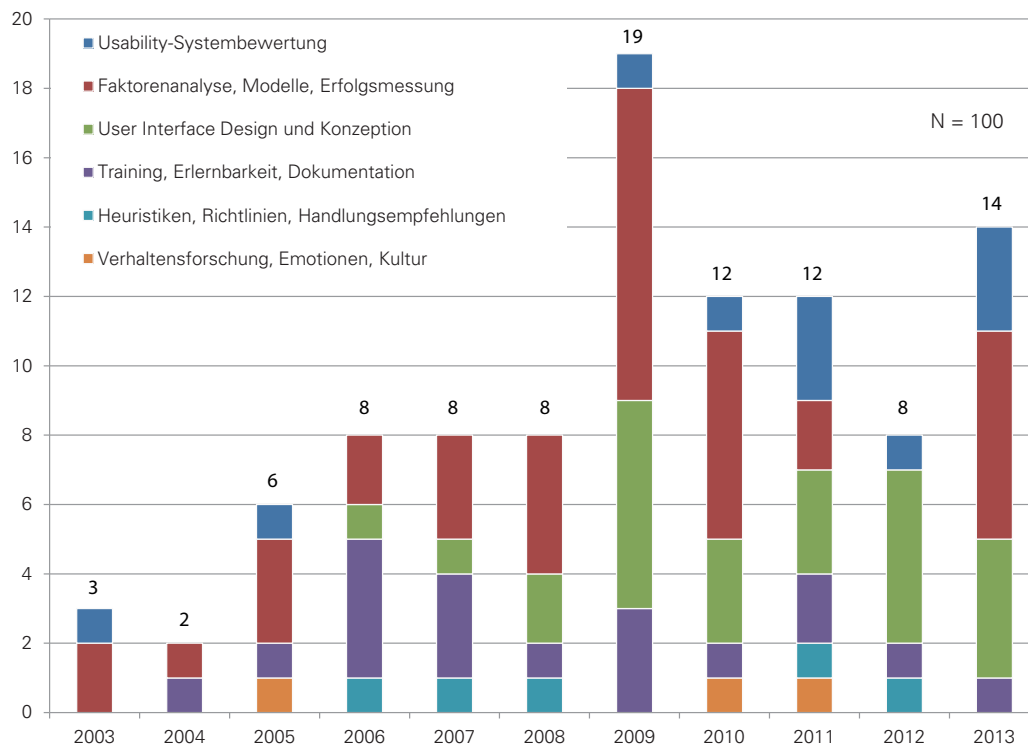


Abbildung 2: Entwicklung der Forschungsschwerpunkte im zeitlichen Verlauf<sup>1</sup>

### 3.1 Usability-Systembewertung

Typische Problemstellungen, denen ERP-Nutzer in ihrem alltäglichen Systemumgang begegnen, konnten von Topi et al. (2005) anhand von Interviews bestimmt werden. Diese betreffen die Identifikation und den Zugriff auf benötigte Funktionalitäten, Probleme bei der Transaktionsausführung, begrenzte Ausgabemöglichkeiten (Reports) sowie eine unzureichende Unterstützung in Fehlersituationen. Die Forschungsarbeit kommt zu dem Schluss, dass unzureichende Usability-Charakteristika, wie etwa unnötig komplizierte Abläufe als auch unzureichende Unterstützung in Fehlersituationen einen Einfluss auf die Akzeptanz, die Verwendung und die Nützlichkeit eines ERP-Systems haben. Die Ursachen für diese Defizite sehen Topi et al. (2005) in einer mangelnden Nutzer-System-Kollaboration, in der das ERP-System den Anwender vielmehr anleiten, unterstützen und assistieren sollte, denn als oktroyierender «Vormund» über den Anwender zu dominieren. Die gewonnenen Erkenntnisse betreffen explizit die Usability von ERP-Systemen, basieren jedoch auf einer konkreten ERP-Implementierung in einem einzelnen Großunternehmen und umfassen eine Anzahl von nur 10 Anwendern. Trotz der äußerst spezifischen Rahmenbedingungen bezüglich Nutzergruppe, ERP-System und Unternehmen stellen die Ergebnisse die Grundlage zahlreicher, weiterer Publikationen in diesem Bereich dar. So motivierten die im Kontext der Nutzer-System-Kollaboration gewonnenen Erkenntnisse die weiterführenden Untersuchungen von Parks (2012). Ihre Forschung adressiert dabei deutlich prägnanter die grafische Benutzerschnittstelle und insbesondere die Probleme, welche mit einer hohen Komplexität einhergehen. Mithilfe von Nutzertests und einem direkten Vergleich zweier UI-Prototypen konnte festgestellt werden, dass die Interface-Komplexität die benötigte Zeit zum Lösen einer Aufgabe deutlich erhöht, nicht jedoch die Erfolgsquote negativ beeinflusst. Letztere wird

<sup>1</sup> Der Befragungszeitraum ergibt sich durch die Landesinnovationspromotion 100077336, 03/2011 bis 02/2014, gefördert durch den Europäischen Sozialfonds (ESF)

allerdings von einer abschließenden, visuellen Prüfung der Daten befördert, bevor diese final und persistent übertragen werden. Die Ergebnisse gehen auf praxisnahe Studien mit 38 Anwendern und einer ERP-Lösung zurück. Eine zweite Forschergruppe an der Nelson Mandela Metropolitan University, Südafrika fundiert u.a. auf den zuvor identifizierten Usability-Defiziten von Topi et al. (2005). In der Publikation von Singh und Wesson (2009) werden generelle Usability-Inspektions- und Designrichtlinien, wie etwa von Shneiderman (1998) und Nielsen (1994), den konkreten ERP-Usability-Problemen gegenübergestellt. Ziel dieser Forschung ist es, eine Basis für Usability-Bewertungen von ERP-Systemen zu schaffen, die zum einen aus allgemeinen, zum anderen aus ERP-spezifischen Kriterien aufgebaut ist. Die Evaluationsgrundlage besteht im ERP-Teil aus fünf Bereichen, die sich der Navigation, Präsentation, Aufgabenunterstützung, Erlernbarkeit sowie Anpassbarkeit widmen. Im allgemeinen Teil werden Themen wie die Sichtbarkeit des Systemstatus, Fehlerbehebung und -vermeidung sowie Flexibilität adressiert. Anhand dieser Grundlage können Experten die Gebrauchstauglichkeit eines ERP-Systems bewerten. Im Ergebnis der Literaturanalyse sowie der durchgeführten heuristischen Experten-Evaluation konnte festgestellt werden, dass insbesondere die Navigation und der Zugriff auf Informationen, die Darstellung von Ergebnissen sowie die Aufgabenunterstützung bedeutende Usability-Probleme darstellen. Insofern konnten die Erkenntnisse von Topi et al. (2005) in weiten Teilen bestätigt und eine ERP-spezifische Evaluationsbasis geschaffen werden. Den gewonnenen Ergebnissen liegen jedoch nur die Bewertungen von drei Experten sowie ein konkretes ERP-System zugrunde.

Ausgehend von den ERP-spezifischen Bewertungskriterien der Navigation und Präsentation untersuchen Scholtz et al. (2010) die weiterführenden Möglichkeiten einer qualitativen Bewertung von ERP-Benutzerschnittstellen. Hierzu werden Fallstudien, Interviews und zeitbasierte Usability-Tagebücher verwendet, um eine möglichst praxisnahe und facettenreiche Auswertung vornehmen zu können. Die Fallstudien umfassten betrachtende, editierende sowie erstellende Aufgabenanteile. Auch hier wurden im quantitativen Ergebnis die Bereiche Navigation und Präsentation als besonders problematisch identifiziert. Weiterhin deuten die qualitativen Ergebnisse auf Unzulänglichkeiten bei der Menüstrukturierung, der allgemeinen Komplexität der Oberfläche sowie der Suche nach Informationen hin. Die Ergebnisse basieren auf einer Grundgesamtheit von 21 Testpersonen (Studenten) sowie einem SAP R/3-System. Mit einer stärkeren Ausrichtung auf mittlere ERP-Systeme in höherer Bildung konnten in einer nachfolgenden Studie weitere Problemstellungen identifiziert werden. (Scholtz et al. 2013) Diese umfassen insbesondere mehrere geöffnete Anwendungsfenster, welche die Bedienbarkeit erschweren sowie versteckte Informationen durch ausgeblendete Bereiche, die die Auffindbarkeit erschweren. Vergleichbar zu der Intention von Singh und Wesson (2009), eine expertenbasierte Bewertung von ERP-Systemen hinsichtlich Bedienbarkeit und Nutzeroberfläche zu konzipieren, wird in Milosz et al. (2013) ein Testkatalog vorgeschlagen. Dieser beinhaltet die Kriterien Benutzeroberfläche, Navigation und Datenstruktur, Feedback, Hilfe und Systemmeldungen, Inhalt sowie Dateneingabe. Die expertenbasierte Evaluation wird durch die Methodik des Cognitive-Walkthrough angereichert. Auch wenn die festgestellten Defizite zunächst nur auf diese eine Lösung zutreffen, so sind sie doch sehr nah an der Benutzerschnittstelle angesiedelt. Die Problemstellungen umfassen etwa die Anordnungen, Abstände, Gruppierungen und Ausrichtungen von Elementen, Datenformatierungen, die Anpassbarkeit von Ansichtsbereichen oder auch die Unzulänglichkeiten von Systemmeldungen und Hilfskomponenten. Die Publikation kommt zu dem Schluss, dass Verbesserungen im Bereich der Farbgestaltung, der Einführung eines Window-Managers, der Reduzierung des Inhalts sowie der Anordnung von Bereichen entsprechend ihrer Zusammenhänge als sinnvoll erscheinen.

Obwohl sich die Schwerpunkte der vorgestellten Forschungsarbeiten hinsichtlich Zeitraum, Probandenzahl, Erfahrung der Nutzer, Methodologie sowie dem untersuchten ERP-System unterscheiden, sind die aufgedeckten Usability- Probleme oftmals sehr ähnlich. Sie können in die z.T. bereits skizzierten Kategorien *Identifikation und Zugriff*, *Nutzerführung und Navigation*, *Training und Erlernbarkeit*, *Fehlerbehebung und Prävention* sowie *User Interface* eingeteilt werden. Somit scheinen die häufigsten und schwerwiegendsten Problemstellungen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion bei ERP-Systemen eine gewisse Beständigkeit aufzuweisen und weitestgehend unabhängig von einer konkreten Implementierung zu sein.

### 3.2 User Interface Design und Konzeption

Basierend auf ihren Vorarbeiten zur Nutzer-System-Collaboration sowie der verwandten Literatur, leiten Lucas und Babaian (2012) zunächst vier konkrete Designprinzipien für eine höhere ERP-Usability ab. Die Prinzipien sollen insbesondere die Navigation und Nutzerführung, aber auch die Hilfe und Fehlerprävention verbessern. Die dicht an Problemstellungen des UI angesiedelten Prinzipien umfassen im Einzelnen: Anpassbarkeit des Vokabulars, um die Terminologie des Systems (bzw. Herstellers) der Organisation anzupassen Nutzerführung, um den Kontext und Fortschritt des aktuellen Arbeitsschrittes aufzuzeigen sowie erledigte Aufgaben von offenen unterscheiden zu können (diese Hilfestellung sollte für Experten optional sein) im Fall eines Fehlers soll das System diesen eigenständig beheben (offensichtliche Ursache), diverse und ausführbare Lösungen vorschlagen (uneindeutige Ursache) oder weiterführende Informationen bereitstellen (unbekanntes Problem) Vorschläge und Auswahlmöglichkeiten unterbreiten, um häufige bzw. offensichtliche und damit wahrscheinliche Informationen und Aktionen den unwahrscheinlichen vorzuziehen. Um diese Prinzipien in die Praxis zu überführen, wurde ein Framework entwickelt, welches das Task-Interface-Log (TIL) Modell enthält. Es ermöglicht die Ableitung von Zusammenhängen zwischen Arbeitsschritten, das Aufzeichnen und Wiedergeben von Nutzer-Interaktionen sowie weitere Komponenten zur Implementierung der zuvor genannten Designprinzipien. Mithilfe des zugrunde liegenden Datenmodells sowie der Graphen-Algorithmen wird eine domänen- und kontextabhängige Hilfestellung für den Umgang mit ERP-Benutzerschnittstellen ermöglicht. Somit können beispielsweise die Schritte zur Erstellung eines Objektes sowie Möglichkeiten zu dessen weiterer Verwendung aufgezeigt werden. Ebenso können im Bedarfsfall die aufgezeichneten, erfolgreichen Nutzer-Interaktionen wiedergegeben werden, die so als Anleitung für unerfahrene Anwender dienlich sind. Für die Nutzerführung wurde bereits in Babaian et al. (2007) eine grafische Prozessdarstellung vorgeschlagen, die als Teil der Oberfläche einen Anhalt über den Verlauf des Geschäftsprozesses in grafischer Form bietet. Somit werden Voraussetzungen, als auch Folgeaktivitäten eines Task offensichtlich.

Im Bereich der automatisierten UI-Generierung zeigen O'Hear und Boudjenane (2009) einen Lösungsansatz auf, der mithilfe einer domainspezifischen und aktivitätsbasierten Sprache die Erstellung von ERP-Benutzeroberflächen als auch von Reports ermöglicht. Damit soll der im Allgemeinen schlechten Usability entgegengewirkt werden, indem Oberflächen anhand ihrer zugrundeliegenden Datenstruktur automatisiert erzeugt werden. Das Framework unterstützt dabei ebenso den Einsatz grafisch-interaktiver UI-Komponenten. Um die Unzulänglichkeiten eines statischen und allgemeinen Interfaces abzubauen, welches für alle Anwender und Szenarien auf eine konstante Darstellung und Bedienung beschränkt ist, haben sich einige Forschungen der Konzeption adaptiver Benutzerschnittstellen gewidmet. In Eichler und Dostál (2012) wird die Lösung «Boulevard» vorgestellt, die eine Anpassung an den Anwender in mehrfacher Hinsicht unterstützt. Zunächst werden die für den aktuellen Bearbeitungsschritt relevanten, präferierten und

häufig genutzten Funktionen sinnvoll gruppiert und in einem separaten Fenster mit Icons angeboten. Weiterhin werden häufige Eingaben bei der erneuten Bearbeitung als Vorgaben vorgeschlagen. Schließlich wird die initiale Oberflächenkomplexität durch sukzessiv einblendende Formularfelder reduziert, sodass der Anwender zunächst nur mit den wichtigsten Elementen konfrontiert wird, bevor weitere eingeblendet werden. Die Lösung wurde prototypisch an einem SAP ERP - System umgesetzt. Einen sehr innovativen und für den ERP-Bereich außergewöhnlichen Ansatz verfolgen Hurtienne et al. in ihrem 2008 erschienenen Forschungsbeitrag. Die Autoren definieren zunächst recht abstrakte und allgemeingültige Handlungs- und Interaktionsgruppen, sogenannte Image Schemas, die reale Umwelterfahrungen und deren Habitus skizzieren. In der nachfolgenden Analyse eines Anwendungsfalls aus der Buchhaltung wurden den Tätigkeiten sogenannte Image Schemas zugeordnet (z.B. Rechnungseingang - Container/Collection, Sortieren - Up-Down, Filter - Part-Whole) woraus konkrete Designlösungen der ERP-Oberfläche abgeleitet wurden. Die Autoren wägen in ihren Designentscheidungen stets die Vor- und Nachteile des Realen und Digitalen gegeneinander ab. Die konzeptionelle Lösung ist schließlich eine Komposition aus «klassischen» UI-Elementen auf berührungssensitiven Oberflächen und physischen Objekten, sog. Tangibles. Die digital eingehenden Rechnungen finden beispielsweise als kleine, physische «Bälle» ihre Entsprechung im Realen und sind zur weiteren Bearbeitung physisch zu manipulieren. In einer abschließenden Kurzevaluation gegenüber dem referenzierten SAP R/3 - System überzeugt die Lösung insbesondere in den hedonischen Bereichen Kreativität, Neuheit sowie Attraktivität und wird von den Probanden auch hinsichtlich der Pragmatik etwas besser bewertet.

### **3.3 Training, Erlernbarkeit und Dokumentation**

Auf dem Gebiet der Usability-Evaluation von ERP-Dokumentationen und ihrem Einfluss auf die Usability des ERP-Systems selbst, konnte Scott (2008) einige Erkenntnisse beitragen. So stellte sie unter anderem fest, dass die wahrgenommene Nützlichkeit der Dokumentation einen starken Zusammenhang zu dessen Usability aufweist. Basierend auf der Ergänzung des TAM-Modells wurde ebenso festgestellt, dass das eigene Selbstvertrauen im Umgang mit IT-Systemen einen starken Zusammenhang zur wahrgenommenen Leichtigkeit in der Bedienung des Systems besitzt. Letztere hat weiterhin einen sehr geringen, aber signifikanten Zusammenhang zur wahrgenommenen Nützlichkeit der ERP-Dokumentation. In einer nachfolgenden Untersuchung anhand eines Multimedia-Trainings-Tools wurde ebenso festgestellt, dass eine Simple Service Orchestration, spannende, unterhaltsame und «fesselnde» Aufbereitung einen wesentlichen Beitrag zur Motivation und damit zum Selbstvertrauen im Umgang mit ERP-Systemen leisten kann. (Scott und Walczak 2009) Die Wirkungen der Benutzeroberfläche, der Interaktion als auch der Einstellung des Lehrenden gegenüber dem Lernenden auf die Leistungsfähigkeit des Lernenden untersuchten Wang et al. (2011). Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass alle drei Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Zufriedenheit des Nutzers haben und dass diese Zufriedenheit wiederum den Lernerfolg verbessert. Somit wurden die bereits durch Choi et al. (2007) gewonnenen Zusammenhänge bestätigt. Diesen Ergebnissen liegt eine Erweiterung des IS Success - Modells zugrunde (vgl. Delone und McLean 2003), das dem Lern-Kontext angepasst wurde.

### **3.4 Heuristiken, Richtlinien und Handlungsempfehlungen**

Dem Spannungsfeld zwischen angestrebter Einfachheit der Bedienung und der inhärenten Komplexität von ERP-Systemen widmen sich Uflacker und Busse in ihrer 2007 erschienen Arbeit. Anhand einer SAP R/3 - Installation werden zunächst einige UI-Defizite, wie etwa die mangelnde

Anpassungsfähigkeit oder das Layout identifiziert. Als ursächlich sehen die Autoren das daten- und funktionsgetriebene «bottom-up» - Prinzip der Softwareentwicklung an, bei der die Anwender erst äußerst spät involviert sind. Ebenso wie Vilpola et al. (2006) und Hocko (2011), plädieren auch Uflacker und Busse für eine frühzeitige und stetige Einbeziehung aller Beteiligten (insbesondere der Anwender selbst). Dabei wird aber ebenso darauf hingewiesen, dass ein nutzerzentriertes Design immer auch einen Kompromiss zwischen dem theoretischen Ideal und der praktischen Realisierung darstellt. Sind ausgeblendete Steuerelemente beispielsweise eine Hilfestellung für unerfahrene Nutzer, so sind sie hinderlich für erfahrene Anwender, deren Interaktionsaufwand zur Einblendung der Objekte wiederum steigt. Die Autoren plädieren schließlich für ein Vorgehen gemäß User-Centered Design sowie die Fokussierung auf Teilbereiche (z.B. Anwendergruppen oder Industriezweige) um die Komplexität zu reduzieren.

## 4 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden sechs wissenschaftliche Publikationsplattformen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Forschungen im ERP-Bereich analysiert, die sich u.a. den Schwerpunkten Usability, User Experience sowie User Interface widmen. Die initiale Treffermenge von 824 Publikationen wurde nach einer mehrstufigen Phase der Konsolidierung auf 100 Beiträge eingeschränkt und anhand einer Taxonomie in konkrete Forschungsbereiche untergegliedert, um Schwerpunkte in der Ergebnismenge ausfindig zu machen.

Zur Beantwortung der eingangs formulierten Fragestellungen lässt sich zunächst feststellen, dass die reine Defizitanalyse nur einen geringen Anteil an der Ergebnismenge ausmacht, während Kausalitätsanalysen und Lösungsansätze nahezu gleich häufig auftreten. Insofern finden sich zur Identifikation von Problemen und der Untersuchung von Zusammenhängen 62% in der Ergebnismenge, während die Erarbeitung von Lösungen von nur 38% der Publikationen betrachtet wird. Die zweite Fragestellung befasste sich mit der Partitionierung der Forschungslandschaft. Eine erste quantitative Betrachtung stellte fest, dass Faktorenanalysen und Modellbetrachtungen den größten Anteil ausmachen (38%), gefolgt von Forschungen zu User Interface Design und Konzeptionen (25%) sowie Training, Erlernbarkeit und Dokumentation (18%). Die Forschungsbereiche der Usability-Systembewertungen (11%), der Richtlinien und Handlungsempfehlungen (5%) sowie der Verhaltensforschungen, Emotionen und Kultur (3%) sind hingegen in deutlich geringerem Umfang vertreten. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass die Kausalitäten und Hintergründe von Usability-Problemen im ERP-Bereich aus Sicht der Forschung noch nicht ausreichend untersucht sind, um daraus konkrete und praxisnahe Lösungsansätze erarbeiten zu können. Allerdings finden sich in den untersuchten Lösungsansätzen bereits einige Konzepte, die einen Anspruch auf Allgemeingültigkeit im ERP-Bereich besitzen und damit über die Grenzen des jeweils skizzierten Use Case hinaus anwendbar wären.

Die in Abschnitt 3.1 aufgeführten Publikationen sind hinsichtlich Methodologie, Region, Benutzergruppe, Anwendungsfall und ERP-System äußerst inhomogen, identifizieren jedoch über mehrere Jahre hinweg ähnliche Usability-Probleme. Wie die vorliegende Literaturanalyse zeigte, ist zumindest hinsichtlich der quantitativen Problemidentifikation und ihrer Kausalitäten eine umfangreiche Auseinandersetzung erfolgt, die jedoch noch nicht oder nur unzureichend in konkrete und anwendbare Lösungsansätze mündete. Die in Lambeck (2013) postulierten Ursachen, wie etwa zu allgemeingültige Usability-Normen oder auch eine unzureichende Gestaltungskompetenz der Hersteller, sind hierfür sicher ebenfalls ursächlich. Dennoch identifizierte die Literaturanalyse auch



eine Reihe von konkreten Lösungsansätzen, die für ausgewählte Szenarien eine wesentliche Verbesserung der Usability vermuten lassen. Mithilfe der Präzisierung von Heuristiken, Richtlinien und Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der praxisnahen Anwendbarkeit sowie der Einbeziehung von innovativen Visualisierungs- und Interaktionskonzepten könnte die derzeit noch bestehende Lücke zwischen der Erwartungshaltung der Anwender und der Gestaltung aktueller ERP-Benutzeroberflächen zunehmend geschlossen werden.

## 5 Literatur

- Babaian T, Lucas W, Topi H (2007): Using a Process Graph to Improve System-user Knowledge Sharing, In Proceedings of the 2007 Symposium on Computer Human Interaction for the Management of Information Technology, CHIMIT '07, ACM, New York, NY, USA, ISBN 978-1-59593-635-6.
- Choi D, Kim J, Kim S (2007): ERP training with a web-based electronic learning system: The flow theory perspective, International Journal of Human-Computer Studies, Bd. 65(3), S. 223–243, ISSN 10715819.
- Delone W, McLean E (2003): The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update, J. Manage. Inf. Syst., Bd. 19(4), S. 9–30, ISSN 0742-1222.
- Eichler Z, Dostál M (2012): Adaptive User Interface Personalization in ERP Systems, W. Abramowicz, J. Domingue, K. Wecl [Hrsg.], Business Information Systems Workshops, S. 49–60, Lecture Notes in Business Information Processing, Springer, Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-34227-1.
- Hocko J (2011): User-Centered Design in Procured Software Implementations, Journal of Usability Studies, Bd. 6(2), S. 7:60–7:74, ISSN 1931-3357.
- Hurtienne, J., Israel, J. H., Weber, K. (2008): Cooking Up Real World Business Applications Combining Physicality, Digitality, and Image Schemas, In Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction, S. 239–246, TEI '08, ACM, New York, NY, USA, ISBN 978-1-60558-004-3.
- Lambeck C, Almeida Madeira Clemente M, Leitner H (2013): Die Rolle der Technischen Visualistik in Unternehmensanwendungen, HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik, (294), S. 26–36, ISSN 1436-3011.
- Lambeck C, Fohrholz C, Leyh C, Müller R (2014): (Re-) Evaluating User Interface Aspects in ERP Systems - An Empirical User Study, In Proceedings of the 47th Hawaiian International Conference on System Sciences, S. 396–405, IEEE Computer Society, Waikoloa, Hawaii, USA, ISBN 978-1-4799-2504-9.
- Lucas W, Babaian T (2012): Implementing Design Principles for Collaborative ERP Systems, K. Peffers, M. Rothenberger, B. Kuechler [Hrsg.], Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice, Bd. 7286, S. 88–107, Springer, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-642-29862-2.
- Milosz M, Plechawska-Wojcik M, Borys M., Laskowski M (2013): Quality improvement of ERP system GUI using expert method: A case study, In Proceedings of the 6th International Conference on Human System Interaction (HSI), S. 145–152, Sopot, Poland.

- Nielsen J (1994): Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics, In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 152–158, CHI '94, ACM, New York, NY, USA, ISBN 0-89791-650-6.
- O'Hear T, Boudjenane Y (2009): Using Activity Descriptions to Generate User Interfaces for ERP Software, In J. A. Jacko [Hrsg.], Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 5613, S. 577–586, Springer, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-642-02582-2.
- Parks N. E. (2012): Testing & quantifying ERP usability, In Proceedings of the 1st Annual conference on Research in information technology (RIIT), S. 31–36, ACM Press, Calgary, Alberta, Canada, ISBN 978-1-4503-1643-9.
- Scholtz B, Cilliers C, Calitz A (2010): Qualitative techniques for evaluating enterprise resource planning (ERP) user interfaces, In Proceedings of the 2010 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists, S. 284–293, SAICSIT '10, ACM, New York, NY, USA, ISBN 978-1-60558-950-3.
- Scholtz B, Calitz A, Cilliers C (2013): Usability Evaluation of a Medium-sized ERP System in Higher Education, Electronic Journal of Information Systems Evaluation, Bd. 16(2), S. 148–161, ISSN 1566-6379.
- Scott J. E. (2008): Technology acceptance and ERP documentation usability, Communications of the ACM, Bd. 51(11), S. 121, ISSN 00010782.
- Scott, J. E., Walczak, S. (2009): Cognitive engagement with a multimedia ERP training tool: Assessing computer self-efficacy and technology acceptance, Information & Management, Bd. 46(4), S. 221–232, ISSN 03787206.
- Shneiderman B (1998): Designing the user interface: strategies for effective humancomputer-interaction, Addison Wesley, Boston, MA, USA, ISBN 978-0-201-69497-0.
- Singh A, Wesson J (2009): Evaluation criteria for assessing the usability of ERP systems, In Proceedings of the 2009 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists, S. 87–95, ACM Press, New York, ISBN 978-1-60558-643-4.
- Topi H, Lucas W, Babaian T (2005): Identifying Usability Issues with an ERP Implementation., In Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems, S. 128–133, SCITEPRESS, Miami, USA.
- Uflacker M, Busse D (2007): Complexity in Enterprise Applications vs. Simplicity in User Experience, In J. A. Jacko [Hrsg.], Human-Computer Interaction. HCI Applications and Services, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 4553, S. 778–787, Springer, Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-73109-2.
- Vilpola I, Väänänen-Vainio-Mattila K, Salmimaa T (2006): Applying Contextual Design to ERP System Implementation, In CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, S. 147–152, CHI EA '06, ACM, New York, NY, USA, ISBN 1-59593-298-4.
- Wang C-H, Liao L-W, Chu Y-Y (2011): The effect of ERP software interface design and cognitive function on performance of user learning, In Proceedings on the 2011 International Conference on Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI), S. 225–230, Peking, China.

## **Teilkonferenz**

### **Von der Digitalen Fabrik zu Industrie 4.0 – Methoden und Werkzeuge für die Planung und Steuerung von intelligenten Produktions- und Logistiksystemen**

Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik sind mittlerweile in der Praxis etabliert. Mit dem Trend zu Industrie 4.0 und „Smart Factory“ ändern sich jedoch die Anforderungen an die Informationssysteme für die Planung, Inbetriebnahme und den Betrieb von Produktions- und Logistiksystemen erheblich. Andererseits eröffnen sich auch neue Möglichkeiten für neuartige und innovative Nutzungsszenarien, Anwendungen und Prozesse.

Insbesondere die Beherrschbarkeit kooperierender (teil-)autonomer Systeme ist in allen Phasen, von der Planung bis zum Betrieb, durchgehend zu berücksichtigen und stellt eine Herausforderung für die einzusetzende Informationstechnik dar. Hierbei ergeben sich auch neue Anforderungen an Datenaufbereitung, -analyse und -visualisierung. Die effektive Nutzung der hierbei gewonnenen Erkenntnisse zur Entscheidungsunterstützung in Unternehmen kann einen wichtigen Wettbewerbsvorteil darstellen. So eröffnen beispielsweise simulationsbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme, die auf Basis von in Echtzeit gewonnenen und analysierten Sensordaten Handlungsalternativen bewerten, neue Möglichkeiten zur autonomen Fertigungssteuerung, stellen aber auch neue Anforderungen bezüglich Interoperabilität und Echtzeitfähigkeit an die Methoden und die Eigenschaften der Informationssysteme.

Das Themenspektrum der für diese Teilkonferenz akzeptierten Beiträge reicht von Beiträgen, die sich mit neuartigen Modellierungs-, Simulations- und Visualisierungsansätzen für die Entscheidungsunterstützung im Kontext von Industrie 4.0 beschäftigen bis hin zu Beiträgen, die sich mit der sensorgestützten Datengewinnung beschäftigen.

*Steffen Straßburger, Sigrid Wenzel*

(Teilkonferenzleitung)



# Gestaltungsmöglichkeiten selbst-adaptierender Simulationsmodelle

Sören Bergmann<sup>1</sup>, Niclas Feldkamp<sup>1</sup> und Steffen Straßburger<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Wirtschaftsinformatik für Industriebetriebe,  
{soeren.bergmann|niclas.feldkamp|steffen.strassburger}@tu-ilmenau.de

## Abstract

Im Kontext der Produktionsplanung und -steuerung sowie der betrieblichen Datenanalyse werden Simulationsmodelle immer häufiger zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt. Produktionsplanungs- und Steuerungsstrategien werden auf Basis der Analysen und Prognosen bezüglich der betrachteten Systeme entwickelt. Betriebliche Produktionsprozesse werden aufgrund der kontinuierlichen Verbesserung immer wieder hinterfragt und verändert. Die zugehörigen Simulationsmodelle müssen mit diesen Änderungen Schritt halten, sodass ein ständiger Wartungsaufwand entsteht. Gleichzeitig werden in modernen Produktionssystemen sämtliche prozessbezogenen Daten digital aufgezeichnet, wie etwa im Rahmen der Betriebsdatenerfassung, und könnten wiederum für die Aktualisierung bzw. Anpassung der Modelle genutzt werden. Dieser Beitrag diskutiert den grundsätzlichen Ansatz sowie Gestaltungsmöglichkeiten für derartige selbst-adaptierende Simulationsmodelle.

## 1 Einführung

Aktuell ist das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2015), als Teil der Hightech Strategie der deutschen Bundesregierung, in aller Munde. Das Spektrum an Themen im Kontext von Industrie 4.0 ist sehr breit aufgestellt. Neben den Cyber-Physischen Systemen (CPS) ist eins der zentralen Themen zweifelsfrei die Simulation, als Teil der Digitalen Fabrik (Krückhans and Meier 2013; VDE 2013; Plattform Industrie 4.0 2015), in verschiedenen Spielarten von der Produktentwicklung, der Planung der Anlagen bis hin zur Unterstützung des operativen Betriebs (VDE 2013). Gerade in der Unterstützung des operativen Betriebs, z. B. durch simulationsbasierte Optimierung/Steuerung liegen große Potentiale, zumal weiterhin mit steigender Komplexität von Produkten und Produktionsprozessen unter hohem Wettbewerbsdruck und weiter steigenden Anforderungen der Kunden vor allem bzgl. der Lieferzeit und Qualität zu rechnen ist.

Insbesondere produzierende Industrieunternehmen generieren heute riesige Datenmengen. Diese Daten in nützliche Informationen zur Entscheidungsunterstützung zu transformieren ist Bestandteil der betrieblichen Datenanalyse. Der jüngste Trend hierbei ist das sog. „predictive forecasting“. In diesem Kontext sollen, als Weiterentwicklung zu Techniken wie z. B. Data Warehouse und Online Analytical Processing (OLAP), nicht nur Information über die Vergangenheit aus historischen

Daten gewonnen werden, sondern durch was-wäre-wenn Analysen treffende Vorhersagen über zukünftige Ereignisse gemacht werden (Watson and Wixom 2007; Vera-Baquero et al. 2013; Lechevalier et al. 2014). Hierbei spielen Simulationsmodelle eine entscheidende Rolle. Innerhalb der Forschung im Bereich Modellierung und Simulation wird weiterhin das *predictive forecasting* zukünftig als die nächste große Anwendungsmöglichkeit für Simulationsmodelle in der Praxis angesehen (Miller et al. 2013; Theodoropoulos 2015).

Die Qualität der Simulationsmodelle und aller Eingangsdaten hat in Simulationsstudien einen hohen Stellenwert (Rabe et al. 2008). Gerade auch die betriebsbegleitende Simulation, welche direkt zur kurz- und mittelfristigen Steuerung genutzt wird, stellt hohe Anforderungen an die Qualität der genutzten, oft sehr detaillierten Modelle. Insbesondere die Wahrung der Aktualität der Modelle ist eine Herausforderung (Bergmann 2014). Eine einmalige Überprüfung greift hierbei zu kurz, da sich reale Fertigungsprozesse und -parameter über die Zeit verändern können. So können sich beispielsweise Bearbeitungszeiten durch Lernprozesse der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen verkürzen oder auf Grund von Verschleiß verlängern. Hinzukommen ggf. Veränderungen auf Grund von kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (Fischermanns 2013).

Dieser Herausforderung muss durch eine zeitnahe Adaption der Modelle an das reale System, auf Basis aktueller Daten, bewältigt werden. Als Datenbasis können hierbei Daten der Betriebsdatenerfassung (BDE) oder auch Sensordaten der CPS, welche ohnehin im System anfallen, dienen.

Hierbei liegt die Herausforderung bei der Adaption darin, das aktuelle bzw. in sehr naher Zukunft geltende Modellverhalten abzubilden. Um die Simulation zur Steuerung und Prognose nutzen zu können, muss die Validität für den betrachteten Steuerungs- bzw. Prognosezeitraum gegeben sein, nicht für den Zeitraum der zugrunde liegenden Datenerhebung.

Eine manuelle, jederzeit garantierte, zeitnahe Anpassung durch einen Simulationsexperten ist hierbei aus Gründen der Geschwindigkeit sowie Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf die zu erwartenden, in großer Menge anfallenden Datenmengen nicht sinnvoll. Eine Lösung dieses Problems wäre es daher, dem Simulationsmodell die Anpassung an aktuelle Daten selbst zu überlassen. Ziel ist es also, selbst-adaptierende Simulationsmodelle zu entwerfen, welche sich jederzeit automatisch an typischerweise auftretende Veränderungen anpassen können.

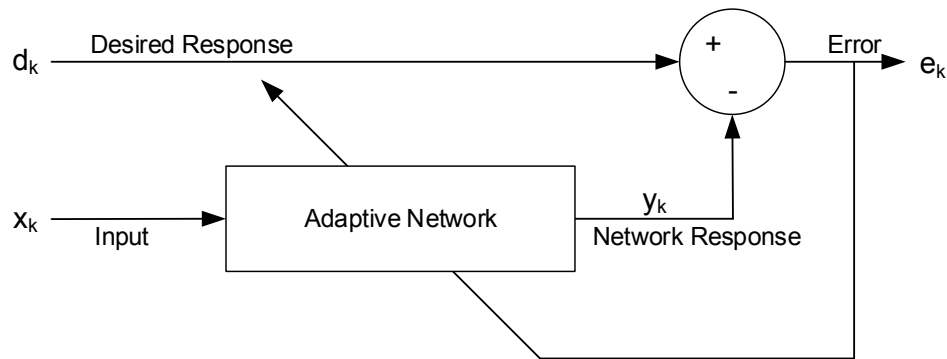
In diesem Beitrag wird zunächst der Begriff der adaptierenden Simulationsmodelle betrachtet, sowie die für selbst-adaptierende Simulationsmodelle benötigten Begriffe und Konzepte definiert. Hierbei wird eine Auswahl von Verfahren vorgestellt. Anschließend erfolgen in Kapitel 3 die Vorstellung des Konzeptes sowie der prototypischen Implementierung der vorgestellten Komponente und Verfahren sowie eine Evaluation anhand eines Beispielszenarios. Im letzten Kapitel werden ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick für weitere mögliche Forschungen gegeben.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Definition und Begriffe

Der Begriff Adaption wird in verschiedenen Disziplinen unterschiedlich interpretiert. Im Folgenden soll unter Adaption, in Anlehnung an Harris et al. (2002), die Anpassung der Modellparameter zur realitätsnahen Abbildung des Realsystems als Folge von Veränderungen dieses verstanden werden. Zudem wird definiert, dass Adaption hierzu auf den kompletten Neuaufbau des Modells verzichtet,

d. h. es werden immer bestehende funktionsfähige und vorab validierte Modelle angepasst (Bergmann 2014). Der Begriff selbst-adaptierende Simulationsmodelle (Selbstadaption) ist eine Weiterführung des Adaption Grundgedanken. Hierbei soll die Adaption automatisch erfolgen, wobei alle dazu notwendigen Teilaufgaben vollständig in die Simulationsumgebung integriert sind. Somit kann auch von automatischer Adaption gesprochen werden.



**Abbildung 1: Regelkreis als Prinzip der Parameteradaption (Zaknich 2005)**

In diesem Beitrag wird die Adaption von Parametern (Parameteradaption) von Modellentitäten, z. B. der Bearbeitungszeit oder der Ausfallwahrscheinlichkeit, behandelt. Das Hinzufügen oder Entfernen von ganzen Entitäten, z. B. Maschinen oder Arbeitsplänen, wird hier zunächst ausgeklammert und der Modellgenerierung (vgl. Abschnitt 2.2) zugeordnet. Diese Einschränkung ist insofern statthaft, da solche weitreichenden Strukturänderungen im Gegensatz zu Parameteränderungen zum einen nicht so häufig und zum anderen immer willentlich, d. h. im Rahmen eines Umstrukturierungs-, Produkteinführungsprojektes o. ä. erfolgen. Die Parameteradaption kann als Regelkreis (vgl. Abbildung 1), analog der Regelungstechnik bzw. Signalverarbeitung, betrachtet werden, wobei nicht nur der Parameterwert für die historischen Daten ermittelt werden können, sondern ggf. eine Prognose der aktuellen Werte erfolgen muss. Zudem müssen entsprechende Verfahren auch mit fehlerhaften oder fehlenden Datensätzen umgehen können.

## 2.2 Abgrenzung zu Modellgenerierung und Initialisierung

Adaption lässt sich einordnen zwischen der (automatischen, datengetriebenen) Modellgenerierung (Law 2014; Bergmann and Strassburger 2010), der „klassischen“ systemischen Modellanpassung, z. B. im Rahmen einer Umstrukturierung oder Erweiterung der Produktion, und der (automatischen) Initialisierung der Modelle, d. h. der Festlegung der Lastdaten und des Status der Komponenten vgl. (Bergmann et al. 2011; Bergmann 2014).

Gemeinsamkeiten bestehen in der möglichst weitreichenden Automatisierung von Phasen und Teilaufgaben von Simulationsstudien. Des Weiteren werden in allen drei Ansätzen Daten automatisch aufgearbeitet und verarbeitet, wobei die Hauptdatenbasis, sowohl der Initialisierung (Bergmann et al. 2011; Bergmann 2014) als auch der Adaption, die Betriebsdatenerfassung darstellt.

Trotz der Gemeinsamkeiten lassen sich die drei Ansätze voneinander abgrenzen, wenn auch die Grenzen je nach gewählter Definition und deren Interpretation ggf. unscharf sind.

Eine Abgrenzung zwischen Modellgenerierung und Adaption kann hierbei zunächst darin gesehen werden, dass die Adaption auf den Neuaufbau des Modells verzichtet, wohingegen die Modellgenerierung immer das Ziel verfolgt, neue Simulationsmodelle zu erzeugen, auch wenn für das betrachtete System bereits Modelle verfügbar sind. Fraglich ist im Rahmen dieser Definition allerdings, ab welchem Grad einer Änderung von einem Neuaufbau des Modells ausgegangen werden muss. So ist die Adaption nach Definition in diesem Beitrag als Anpassung einiger (weniger) Parameter eines Modells zu sehen. Andere theoretisch ebenso statthafte Sichtweisen, bei denen auch wesentliche Entitäten bis hin zu ganzen Subsystemen im Rahmen der Adaption hinzugefügt, entfernt oder manipuliert werden, sind aus Sicht der Autoren für die Adaptionsmechanismen in diesem Beitrag ungeeignet und sollten im Neuaufbau des Modells münden.

Die Modellinitialisierung und Adaption lassen sich am besten anhand der Art der genutzten Daten voneinander abgrenzen. Die VDI 3633 (VDI 2014) nennt 3 Klassen von Daten, welche im Kontext der Simulation von Produktionssystemen relevant sind: Organisationsdaten, technische Daten sowie die Systemlastdaten. Zur Initialisierung von Modellen sind vor allem die Systemlastdaten, welche den aktuellen Produktionsplan, insbesondere die laufenden und geplanten Aufträge und deren aktuellen Status sowie den Status der Ressourcen repräsentieren, relevant (Bergmann et al. 2011; Bergmann 2014). Die Adaption hingegen fokussiert auf die technischen und organisatorischen Daten, welche das Systemverhalten und allgemein den Systemaufbau abbilden.

### 3 Grundüberlegungen für selbst-adaptierende Simulationsmodelle

#### 3.1 Adaptionsumfang – Systementitäten und Parameter

Grundvoraussetzung zur Entwicklung selbst-adaptierender Simulationsmodelle ist eine an die Problemstellung, Modell und Randbedingungen angepasste erweiterte Systemanalyse, welche folgende Schritte abdeckt:

1. die Auswahl der für die Adaption relevanten Systemkomponenten,
2. die Auswahl der Parameter je Systemkomponente und
3. die Analyse des Systemverhaltens zur Identifikation der Parametereigenschaften.

Die Parametereigenschaften (vgl. Tabelle 1) spielen eine wesentliche Rolle für Auswahl und Gestaltung der möglichen Adaptionsverfahren.

Klassifizierungsmerkmal	Ausprägung	
Zeitabhängigkeit	statisch	dynamisch
Zeitverteilung der Parameter	diskret	kontinuierlich
Funktionstyp	linear	nicht linear
Grad der Bestimmtheit	deterministisch	stochastisch
Verhältnis zur Umgebung	geschlossen	offen
Komplexität der Systemkomponente	komplex	einfach
Bezogene Abhängigkeit der Parameter untereinander	bedingt	unbedingt

**Tabelle 1: Auswahl von Eigenschaften zu adaptierender Parameter - in Anlehnung an (Košturiak and Gregor 1995; Zaknich 2005)**



Beispielsweise sind deterministische Parameter, etwa die konstante Bearbeitungszeit einer vollautomatischen Station, deutlich einfacher zu adaptieren als komplexe, stochastische Parameter, für welche eine Verteilungsfunktion und deren Lageparameter definiert werden müssen. Die Simulation selbst kann folgend als Blackbox aufgefasst werden, welche im Sinne der Adaption nur anhand der identifizierten Parameter beeinflusst werden kann und Daten über das System und/oder einzelne Entitäten liefert. Die Daten können hierbei Daten einer emulierten Betriebsdatenerfassung gleichen oder aus bereits aggregierten Kennzahlen bestehen. Die Steuerparameter sind hierbei nicht mit Initialisierungsdaten zu verwechseln. Steuerparameter sind insbesondere bis zur nächsten Adaption unverändert gültig und unabhängig von dem Systemzustand. Im Folgenden vernachlässigt (aber dennoch möglich) sind weitere exogene Parameter, welche Informationen über den Zustand der Systemumgebung geben können, wie z. B. Daten für saisonale Einflüsse, Wirtschaftslage usw.

### 3.2 Herausforderungen der Adaption

Im Kontext der Entwicklung von selbst-adaptierenden Modellen stellen sich somit prinzipiell drei aufeinander aufbauende Hauptfragestellungen:

- Wie kann erkannt werden, dass ein Modell bzw. ein oder mehrere Parameter adaptiert werden müssen (Adaptionsbedarfsanalyse)?
- Wie kann die Adaption, insbesondere komplexer stochastischer Parameter, zeitnah und zukunftsicher erfolgen (Adaptionsdurchführung)?
- Wie kann sichergestellt werden, dass adaptierte Modelle bzgl. des aktuellen Systemverhaltens valide sind (Adaptionsvalidierung)?

Neben den genannten Hauptfragestellungen ist zusätzlich die Frage der Datenintegration und -aufbereitung, d. h. die Frage nach Datenquellen und der ggf. nötigen Vorverarbeitung, von Bedeutung. Der Problembereich der Datenintegration und -aufbereitung soll im Rahmen dieses Beitrags nicht weiter betrachtet werden, gestaltet sich aber analog zu der Datenbeschaffung für Simulationsstudien im Allgemeinen bzw. insbesondere zur Datenbeschaffung im Kontext der automatischen Modellgenerierung, vgl. (Bergmann 2014; Mueller-Sommer 2012).

#### 3.2.1 Festlegung des Adaptionsbedarfs

Um einen Mechanismus für selbst-adaptierende Simulationsmodelle zu implementieren, ist zunächst die Detektion des Adaptionsbedarfs zu klären. Dies behandelt im Kern die Frage, welche Parameter zu welchen Zeitpunkten (Zeit des realen Systems) angepasst werden müssen. Diese Problemstellung erweist sich bei näherer Betrachtung als nicht trivial, da hier ein stetiger Konflikt zwischen Geschwindigkeit und Robustheit der Adaption vorliegt. Unter hoher Adaptionsgeschwindigkeit wird im Folgenden allgemein die Fähigkeit definiert, schnell auf sich ändernde Parameter zu reagieren. Dies bedeutet, wie schnell etwa eine im Realsystem durch Verschleiß erhöhte Bearbeitungszeit erkannt und im Modell abgebildet werden kann. Robustheit hingegen meint, dass einzelne Ausreißer, z. B. durch einen ungewöhnlichen Totalausfall einer Maschine oder Fehler bei der Datenerfassung, nicht zu einer sofortigen und ggf. falschen Adaption führen. Zu bemerken ist, dass Adaptionsgeschwindigkeit und Robustheit stark, aber nicht allein durch die Festlegung des Adaptionsbedarfs beeinflusst werden, sondern auch die Wahl des Adaptions- und Validierungsverfahrens entscheidenden Einfluss auf diese Kriterien hat.

Zur Festlegung des Adaptionsbedarfs sind verschiedene Ansätze denkbar, welche allesamt Vor- und Nachteile aufweisen. Im Folgenden werden mögliche Ansätze kurz diskutiert.

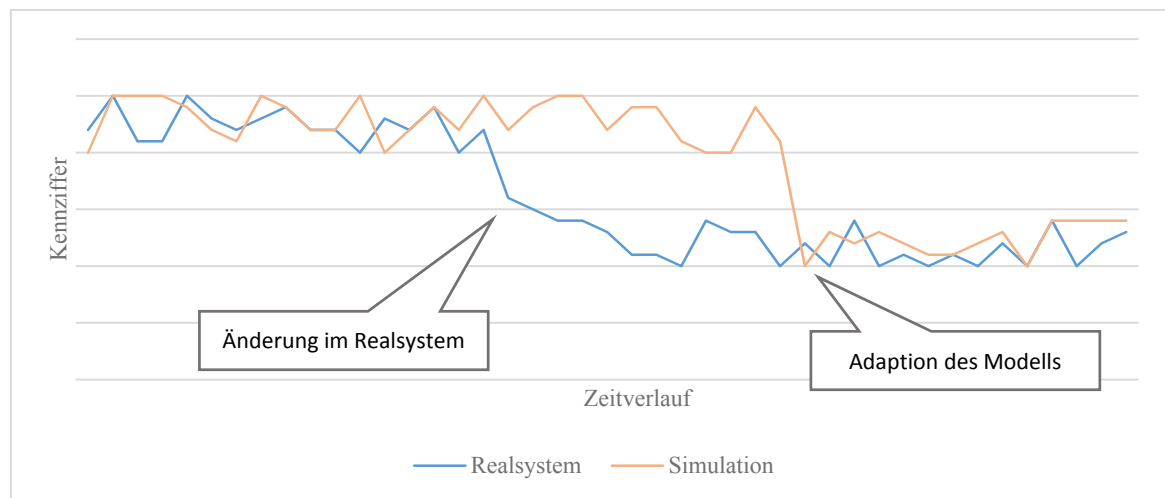
Der naive Ansatz stellt das erste mögliche Vorgehen zur Adaptionsbedarfsbestimmung dar. Die naive Grundannahme ist hierbei, dass prinzipiell immer für alle in der Systemanalyse identifizierten Parameter Adaptionsbedarf besteht und somit kein Mechanismus zur Detektion des Adaptionsbedarfs vorgesehen ist. Es findet somit eine permanente Anpassung aller Parameter statt, sobald neue Daten in der zugrunde liegenden Datenbasis (z. B. Betriebsdatenerfassung) vorliegen. Dieser Ansatz kann somit auch als Online- oder Streaming-Adaption bezeichnet werden. Vorteilhaft ist zweifelsfrei, dass eine hohe Adaptionsgeschwindigkeit möglich ist. Allerdings müssen je nach Verfahren ggf. Maßnahmen zur Verbesserung der Robustheit getroffen werden. Insbesondere bei für die einzelnen Parametern schlecht geeigneten Verfahren ist mit ständiger, mitunter oft unnötiger oder gar falscher Adaption der Werte zu rechnen. Performanceprobleme können ebenfalls ein kritischer Punkt dieses Ansatzes sein, da auch bei sich nicht ändernden Daten die Adaptionsverfahren für jeden neuen Datensatz Ressourcen benötigen. Problematisch stellt sich zudem die Nutzung der resultierenden Simulationsmodelle dar, da es im Extremfall keine abgeschlossene, nachvollziehbare Versionierung gibt, sondern sich ein Modell ggf. im stetigen Fluss konstanter Veränderung befindet.

Ein zweiter möglicher Ansatz verfolgt die Strategie, eine Adaption des Modells erst dann vorzunehmen, wenn ein tatsächlicher Bedarf vorliegt, d. h. die eigentlichen Adaptionsverfahren und die Validierung werden erst bei Überschreiten eines vorab zu definierenden Toleranzwerts zwischen gemessenem Verhalten des Realsystems und des Simulationsmodells ausgelöst. Im Detail lassen sich verschiedene Spielarten unterscheiden. Die einfachste Spielart vergleicht anhand von ausgewählten Kennzahlen das Gesamtverhalten des Realsystems und der Simulation. Bei Überschreiten der vorab zu definierenden Toleranzschwelle werden alle im Rahmen der Systemanalyse identifizierten Parameter mittels der hinterlegten Verfahren adaptiert und das Gesamtergebnis validiert. In der zweiten Spielart werden nach Möglichkeit zusätzlich zu den globalen Kennzahlen auch Kennzahlen einzelner Systementitäten herangezogen. Beide Spielarten bieten den Vorteil, dass die Adaptionshäufigkeit und somit der Ressourcenverbrauch deutlich sinkt und gleichzeitig eine höhere Robustheit zu erwarten ist, da das Detektieren des Adaptionsbedarfs eine Erkennung von Ausreißern mit einschließt. In der zweiten Spielart werden diese Effekte zusätzlich verstärkt. Durch die Detektion der „betroffenen“ Entitäten müssen somit auch nur die davon abhängenden Parameter, im besten Fall sogar nur eine Teilmenge der Parameter der identifizierten Entität adaptiert werden.

Diesen Vorteilen steht aber ein deutlich höherer Analyse- und Implementierungsaufwand gegenüber, insbesondere bzgl. der zu überwachenden Kennzahlen. Zudem kann auch die Adaptionsgeschwindigkeit leiden. Außerdem können, insbesondere bei der ersten Spielart, durch Seiteneffekte zwischen sich ggf. gleichzeitig ändernden Parametern, notwendige Adaptionsbedarfe verdeckt werden.

### **3.2.2 Adaptionsdurchführung**

Wie im vorherigen Kapitel bereits erwähnt, basiert die Selbstadaption auf dem ständigen Abgleich von Kennzahlen des realen Systems und den Ergebnisdaten der Simulation. Weichen diese nach Überschreitung eines Schwellwertes zu weit voneinander ab, entsteht im Simulationsmodell Adaptionsbedarf. Abbildung 2 zeigt dies anhand eines fiktiven Beispiels.



**Abbildung 2: Adaption des Simulationsmodells an geänderte Parameter des Realsystems**

Die beobachtete Kennzahl könnte hierbei etwa der Durchsatz in einem Produktionssystem sein. Je nachdem, wie feinmaschig die beobachteten Kennzahlen sind (z. B. Durchsatz einzelner Maschinen gegenüber dem Durchsatz des Gesamtsystems), desto enger können der oder die dafür verantwortlichen Parameter oder zumindest Entitäten eingekreist werden. Dies vermeidet ein unnötiges Neuberechnen aller Parameter im Modell.

Weiterhin ist es notwendig, nicht den gesamten historischen Datenbestand des Realsystems zur Überwachung der Parameter heranzuziehen, sondern vielmehr nur einen zeitlich kleinen Ausschnitt. Hierbei bietet sich die Verwendung eines gleitenden Fensters über den Datenbestand an. Diese Technik ist unter anderem aus dem Kontext des Data Mining bekannt und wird dort zur Verarbeitung und Implementierung von Algorithmen auf Datenströmen angewandt. Das gleitende Fenster hat dabei eine feste Größe, d. h., es betrachtet nur Datensätze über eine festgelegte Zeitspanne. Kommt nun ein neuer Datensatz hinzu, gleitet das Fenster weiter nach vorne, sodass das jeweils älteste Element verdrängt wird. Die Elemente der Datenbasis haben somit eine Gültigkeitsdauer, die der Größe des Fensters entspricht (Chang and Lee 2004; Arasu and Manku 2004). Eine Alternative zum klassischen gleitenden Fenster ist das sog. Damped Window Verfahren. Hierbei werden verdrängte Elemente nicht direkt ungültig, sondern verfallen mit einer definierten Rate, sodass ältere Elemente hinsichtlich ihres Beitrags zum Gesamtergebnis geringer gewichtet werden als Neue (Leung and Jiang 2011). Die Wahl der Fenstergröße ist hierbei ein kritischer Faktor. Ein kleines Fenster erhöht die Geschwindigkeit der Adaptionsbedarfserkennung und somit die Adaptionsgeschwindigkeit, ist allerdings auch anfälliger für temporäre Ausreißer in der Datenmenge. Um diese Effekte zu vermeiden, können zusätzlich die ebenfalls für Data Mining entwickelten Verfahren der Ausreißererkennung eingesetzt werden. Bekannte und leicht zu implementierende Techniken sind hierbei etwa Clusteringverfahren wie der k-Means-Algorithmus oder Klassifikationsverfahren wie die Support-Vector-Machine (Hodge and Austin 2004; Chandola et al. 2009).

Die Detektion des Adaptionsbedarfs geschieht durch das Festlegen von Konfidenzintervallen. Hierbei werden auf Basis der vergangenen Beobachtungen die Lageparameter arithmetischer Mittelwert und empirische Standardabweichung berechnet und auf deren Grundlage Intervallgrenzen entsprechend einer definierten Wahrscheinlichkeit ermittelt. Die Wahrscheinlichkeit beschreibt hierbei die Tatsache, dass der unbekannte und zukünftige Wert des jeweiligen

Parameters in den ermittelten Intervallgrenzen liegen sollte. Da es sich hierbei jedoch um ein schätzendes Verfahren handelt, ist es durchaus möglich, dass der reale Wert dennoch außerhalb dieser Intervallgrenzen liegt. Im Kontext der Adaption ist es mit Hilfe dieses Verfahrens möglich, eine Veränderung durch Werte außerhalb der Vertrauensgrenzen zu identifizieren. Es ist jedoch kritisch zu betrachten, dass die Änderungen des Verhaltens durchaus innerhalb der Vertrauensgrenzen liegen können, wenn der entsprechende Prozess und damit verbunden die Parameterwerte hohen Schwankungen unterliegen respektive die Intervallgrenzen zu weit definiert wurden. In diesem Falle würden die Intervallgrenzen einen sehr großen Wertebereich einschließen, in welchem keine Adaption ausgelöst werden würde. Eine Möglichkeit, dieser Problemstellung entgegenzuwirken, ist die aggregierte Betrachtung der Parameterwerte und eine entsprechende Datenbereinigung, wenn es sich bei diesen Werten um singuläre Störereignisse handelt. Weiterhin ist durch die individuelle Festlegung der Wahrscheinlichkeiten und der damit verbundenen Vergrößerung respektive Verkleinerung der Intervallgrenzen die Möglichkeit gegeben, die Intervallgrenzen dynamisch an beispielsweise den Wert der Standardabweichung zu binden. Somit können die Intervallgrenzen bei einem unsicheren und stark schwankenden oder entsprechend stabilen Prozess angepasst werden (Blachman and Machol 1987; Bankhofer and Vogel 2008).

Die eigentliche Adaption stellt dann eine erneute Initialisierung der identifizierten Komponenten dar auf Grundlage der in das aktuelle Fenster fallenden Eingangsdaten. Die Durchführung der Adaption beinhaltet zudem abschließend eine Neuberechnung der Vertrauensintervalle auf Grundlage der angepassten Werte.

### 3.2.3 Validierung des Adaptionsergebnisses

Nach jeder Adaptionsdurchführung empfiehlt es sich, das Ergebnis zu validieren, um die Anwendbarkeit des Modells bzgl. des Realsystems sicher zu stellen. Die Validierungsverfahren entsprechen hierbei in Art und Gestaltung denen seit Jahren in der Literatur, wie beispielsweise in Rabe et al. (2008), etablierten Verfahren. Da die Selbst-Adaption eine automatische Anpassung zum Ziel hat, ergeben sich gleichwohl Einschränkungen, da nicht alle Verfahren gleichermaßen automatisierbar sind (Bergmann 2014), vgl. Tabelle 2.

Animation	Grenzwertest	Strukturiertes Durchgehen	Ursache-Wirkungs-Graph
Begutachtung	Monitoring	Test der internen Validität	Validierung im Dialog
Dimensionstest	Schreibtischtest	Test von Teilmodellen	Validierung von Vorhersagen
Ereignisvaliditätstest	Sensitivitätsanalyse	Trace-Analyse	Vergleich mit anderen Modellen
Festwerttest	Statistische Techniken	Turing-Test	Vergleich mit aufgezeichneten Daten

**Tabelle 2: V&V Techniken und deren Automatisierbarkeit (Bergmann 2014); grün gut automatisierbare, gelb teilweise automatisierbare und orange nicht automatisierbare Techniken**

Auf einzelne Verfahren soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Es bietet sich jedoch an, ggf. auf Kennzahlen, Werte und Methoden, die im Rahmen der Analyse des Adaptionsbedarfs genutzt werden, zurückzugreifen. Des Weiteren ist die ggf. enthaltende Stochastik der Modelle zu beachten, d. h. es sind entsprechende Replikationen und Vergleichsmethoden wie z. B. Konfidenzintervalle zu nutzen. In der Praxis muss zudem ein Akzeptanzniveau festgelegt werden, welches

beschreibt, ob das Modell durch eine aufgetretene Abweichung nicht mehr als valide zu betrachten ist oder die Abweichung einer stochastischen Schwankung zuzurechnen ist. Zu beachten ist hierbei, dass die adaptierten Modelle bzgl. der Validität ggf. nochmals gegen die letzten Versionen der Modelle zu testen sind, d. h. nur Modelle genutzt werden, welche eine gleiche oder höhere Validität aufweisen. Sollten Modelle entstehen, welche nicht valide sind, ist weiter zu adaptieren und/oder der Nutzer zu informieren.

#### 4 Machbarkeitsstudie mittels einer prototypischen Implementierung

Im Rahmen dieses Beitrags wurde die Machbarkeit anhand einer ersten prototypischen Implementierung überprüft und bestätigt. Als Grundlagen dienten hierbei BDE-Daten eines mittelständischen, produzierenden Unternehmens sowie ein dazu gehöriges Simulationsmodell der Fließfertigung, welches in MATLAB / Simulink implementiert wurde. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere zwei Stellgrößen wesentlichen Einfluss auf den Adaptionsmechanismus hatten, und zwar die Größe des gleitenden Fensters sowie die Toleranzgrenzen des Vertrauensintervalls. Abbildung 3 zeigt die Auswirkungen der Wahl der Fenstergröße anhand eines ausgewählten Parameters. Ein Datensatz entspricht den Messdaten eines Produktionstages, sodass sich die Größe des Fensters auf eine Zeitspanne in Tagen bezieht. Der Gesamtumfang der Messdaten betrug ein Jahr. Bei einem Fenster über die gesamte Datenmenge beträgt die durchschnittliche Schwankung zum Mittelwert 40%, was der Standardabweichung bzw. dem Variationskoeffizienten der Daten entspricht. Hierbei wurde deutlich, dass eine kleine Fenstergröße zu geringeren Schwankungen zum Mittelwert eines Fensters führt, also zu einer präziseren Neuinitialisierung des Parameters. Auf der anderen Seite führt eine zu kleine Fenstergröße zu höheren Schwankungen des Mittelwerts zwischen zwei benachbarten Fenstern, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass eine Adaption ausgeführt werden muss, wenn ein neuer Datensatz hinzukommt, steigt.

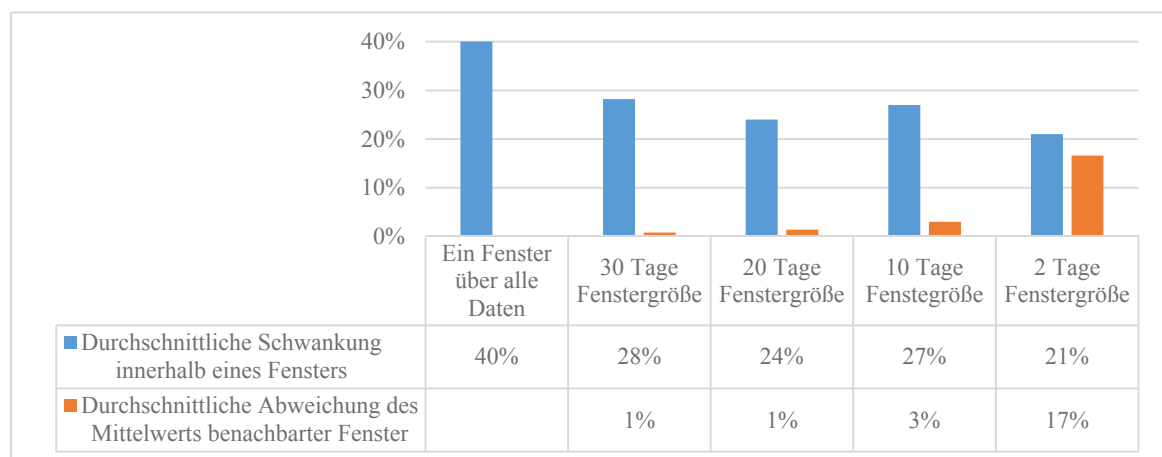
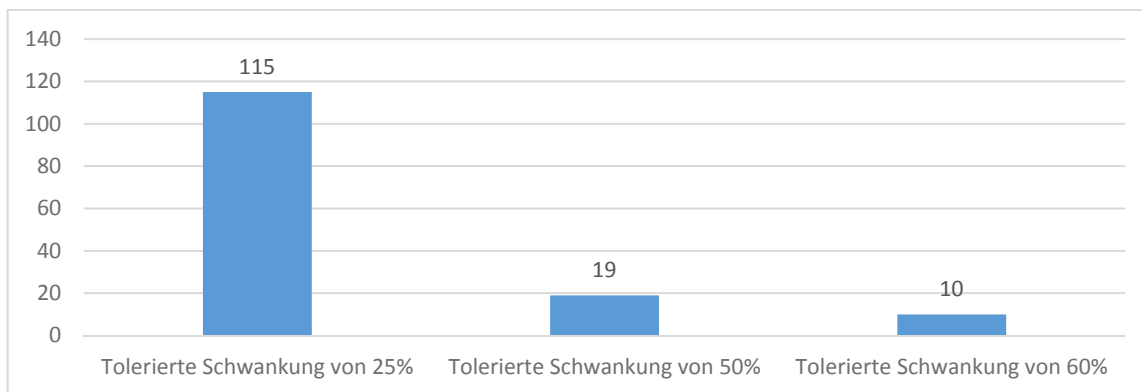


Abbildung 3: Auswirkungen der Fenstergröße

Abbildung 4 zeigt zudem, dass auch die Größe des Vertrauensintervalls maßgeblichen Einfluss auf die Anzahl der ausgeführten Adaptionen hat. Insgesamt wurde deutlich, dass die erwähnten Stellgrößen des Adaptionsmechanismus idealerweise von einem systemkundigen Experten individuell für jeden Parameter geschätzt werden sollten, und zwar abhängig davon, inwieweit sich ein Parameter erwartungsgemäß über die Zeit verändert und wie groß die zu erwartenden Schwankungen dieses Parameters sind.



**Abbildung 4: Anzahl Abweichungen außerhalb des Vertrauensintervalls (Bezogen auf alle beobachteten Parameter, Fenstergröße 20 Tage, Umfang der Datenbasis erstreckt sich auf ein Jahr)**

Eine wichtige Erkenntnis ist zudem, dass überhaupt Adaptionen ausgeführt worden sind, was somit die Notwendigkeit eines Adaptionssystems begründet. Abbildung 4 zeigt, dass selbst bei einer tolerierten Schwankung von 60% immer noch 10 nicht tolerierbare Abweichungen der beobachteten Parameter aufgetreten sind. Im Schnitt muss das Simulationsmodell also alle 36 Tage neuadaptiert werden. Bei einer tolerierten Schwankung von 25% sind demnach innerhalb eines Jahres 115 Abweichungen außerhalb der tolerierten Schwankung aufgetreten, im Schnitt wäre somit alle 3 Tage eine Anpassung des Modells notwendig.

## 5 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurden das allgemeine Konzept und Umsetzungsmöglichkeiten für selbst-adaptierende Simulationssysteme diskutiert. Zudem wurde anhand von Echtdateen und einer prototypischen Implementierung sowohl die generelle Machbarkeit dieses Ansatzes gezeigt, als auch dessen Notwendigkeit begründet. Weitere Forschung ist jedoch notwendig, gerade für die Nutzung von betriebsbegleitender Simulation im Kontext von Industrie 4.0. Hierzu zählt allen voran die Betrachtung weiterer konkreter Verfahren zur Adaptiondurchführung, welche z. B. die Problematik der Prognose von Parametern oder die Adaption stochastischer oder voneinander abhängiger Parameter verbessern.

Das in diesem Beitrag verwendeten Testszenario unterstellt eine Änderung auf definierten Parametern. Denkbar sind in einem Praxisszenario aber auch weitreichendere, strukturelle Änderungen am System. Hierbei offenbart sich ein Grenzbereich zwischen (automatischer) Modellgenerierung und Modelladaption, was in Kapitel 2.2 bereits kurz diskutiert wurde. Die Definition dieses Grenzbereichs ist notwendig und ein vollautomatisiertes Produktivsystem muss folgerichtig beide Ausprägungen implementieren. Abschließend ist zu sagen, dass des Weiteren Praxistests zur Kalibrierung des Ansatzes von entscheidender Bedeutung sind.

## 6 Referenzen

Arasu A, Manku GS (2004) Approximate Counts and Quantiles over Sliding Windows. In: Beeri C (ed) The 23rd ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium, p 286

- Bankhofer U, Vogel J (2008) Datenanalyse und Statistik: Eine Einführung für Ökonomen im Bachelor. Lehrbuch. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden
- Bergmann S, Stelzer S, Strassburger S (2011) Initialization of Simulation Models Using CMSD. In: Jain S, Creasey R, Himmelspach J, White KP, Fu MC (eds) Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC 2011), pp 2223–2234
- Bergmann S, Strassburger S (2010) Challenges for the Automatic Generation of Simulation Models for Production Systems. In: International Summer Simulation Multiconference: Summer Sim 2010. Omni Press, [S.l.], pp 545–549
- Bergmann S (2014) Automatische Generierung adaptiver Modelle zur Simulation von Produktionssystemen. Univ.-Verl, Ilmenau
- Blachman N, Machol R (1987) Confidence Intervals Based on One or More Observations. IEEE Trans. Inform. Theory 33(3):373–382. doi: 10.1109/TIT.1987.1057306
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015) Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Forschung. <http://www.bmbf.de/de/9072.php>. Accessed 29 July 2015
- Chandola V, Banerjee A, Kumar V (2009) Anomaly Detection. ACM Computing Surveys (CSUR) 41(3):1–58. doi: 10.1145/1541880.1541882
- Chang JH, Lee WS (2004) A Sliding Window Method for Finding Recently Frequent Itemsets over Online Data Streams. Journal of Information Science and Engineering 20(4):753–762
- Fischermanns G (2013) Praxishandbuch Prozessmanagement: Das Standradwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster, 11. bearb. Aufl. ibo-Schriftenreihe Organisation, vol 9. Schmidt, Gießen
- Harris CJ, Hong X, Gan Q (2002) Adaptive Modelling, Estimation, and Fusion from Data: A Neurofuzzy Approach. Advanced Information Processing. Springer, Berlin, New York
- Hodge V, Austin J (2004) A Survey of Outlier Detection Methodologies. Artificial Intelligence Review 22(2):85–126. doi: 10.1023/B:AIRE.0000045502.10941.a9
- Košturiak J, Gregor M (1995) Simulation von Produktionssystemen. Springer, Wien, New York
- Krückhans B, Meier H (2013) Industrie 4.0 – Handlungsfelder der Digitalen Fabrik zur Optimierung der Ressourceneffizienz in der Produktion. In: Dangelmaier W, Laroque C, Klaas A (eds) Proceeding der 15. ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik 2013: Entscheidungsunterstützung von der Planung bis zur Steuerung. Heinz-Nixdorf-Inst. Univ. Paderborn, Paderborn, pp 31–40
- Law AM (2014) Simulation Modeling and Analysis, 5th edn. McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science. McGraw Hill Book Co, New York, N.Y.
- Lechevalier D, Narayanan A, Rachuri S (2014) Towards a Domain-Specific Framework for Predictive Analytics in Manufacturing. In: 2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp 987–995
- Leung CK, Jiang F (2011) Frequent Itemset Mining of Uncertain Data Streams Using the Damped Window Model. In: Chu W, Wong WE, Palakal MJ, Hung C (eds) Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing, pp 950–955

- Miller JA, Cotterell ME, Buckley SJ (2013) Supporting a Modeling Continuum in Scalation: From Predictive Analytics to Simulation Modeling. In: Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference (WSC 2013), pp 1191–1202
- Mueller-Sommer H (2012) Wirtschaftliche Generierung von Belieferungssimulationen unter Verwendung rechnerunterstützter Plausibilisierungsmethoden für die Bewertung der Eingangsdaten. Univ.-Verl, Ilmenau
- Plattform Industrie 4.0 (2015) Industrie 4.0 - Whitepaper FuE Themen. <http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/I40%20Whitepaper%20FuE%20Version%202015.pdf>. Accessed 29 July 2015
- Rabe M, Spieckermann S, Wenzel S (2008) Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg
- Theodoropoulos G (2015) Simulation in the Era of Big Data: Trends and Challenges. In: Proceedings of the 3rd ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation. ACM, New York, NY, USA, p 1
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (2013) DKE Normungs-Roadmap - die deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0. [http://www.dke.de/de/std/informationssicherheit/documents/nr\\_industrie%20%204.0\\_de\\_version%201.0.pdf](http://www.dke.de/de/std/informationssicherheit/documents/nr_industrie%20%204.0_de_version%201.0.pdf). Accessed 29 July 2015
- Vera-Baquero A, Colomo-Palacios R, Molloy O (2013) Business Process Analytics Using a Big Data Approach. IT Prof. 15(6):29–35. doi: 10.1109/MITP.2013.60
- Verein Deutscher Ingenieure (2014) Simulation of Systems in Materials Handling, Logistics and Production - Fundamentals VDI 3633-1(VDI 3633-1)
- Watson HJ, Wixom BH (2007) The Current State of Business Intelligence. Computer 40(9):96–99. doi: 10.1109/MC.2007.331
- Zaknich A (2005) Principles of Adaptive Filters and Self-Learning Systems. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing. Springer, London



# **Echtzeitanalyse von Prozessdaten zur Entwicklung eines Softsensors zur Inline-Qualitätsüberwachung in der Kunststoffaufbereitung**

**Kilian Dietl<sup>1</sup>, Christoph Kugler<sup>1</sup>, Thomas Hochrein<sup>1</sup>, Peter Heidemeyer<sup>1</sup> und Martin Bastian<sup>1</sup>**

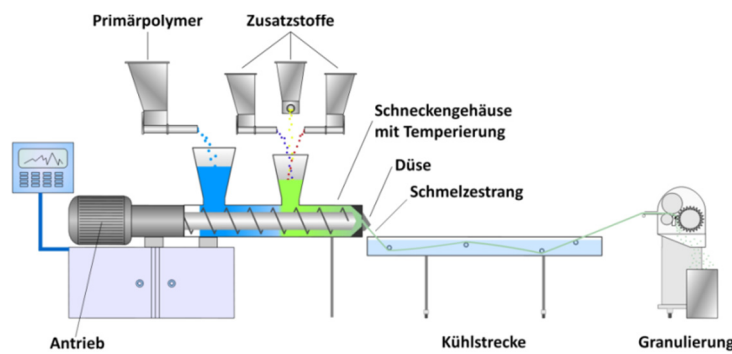
<sup>1</sup> SKZ – Das Kunststoff-Zentrum, SKZ-KFE gGmbH, Würzburg, k.dietl@skz.de

## **Abstract**

Zur Überwachung der Qualität beim Compoundieren wird meist auf Offline-Messungen der Viskosität zurückgegriffen. Dabei stellt vor allem die Totzeit bis zum Vorliegen des Messergebnisses einen Nachteil dar. Online-Verfahren sind nicht für alle Anwendungsfälle geeignet und besitzen zusätzliche Nachteile. Softsensoren ermöglichen anhand eines Modells in Form eines Algorithmus, Qualitätskenngrößen anhand von Prozessparametern inline zu bestimmen. Hierzu wurde der Einsatz von Softsensoren zur Inline-Kontrolle der Produktqualität beim Compoundieren betrachtet. Dabei wurden zur Modellerstellung Künstliche Neuronale Netze (KNN) angewendet. Weiterhin wurden Grenzfälle wie Einflüsse von Maschinenverschleiß und Chargenwechsel simuliert und die Modellgenauigkeit validiert. Die Arbeiten zeigen ein interessantes Anwendungsbeispiel für einen neuen Ansatz zur echtzeitfähigen Analyse von Prozessdaten in der Kunststoffaufbereitung auf.

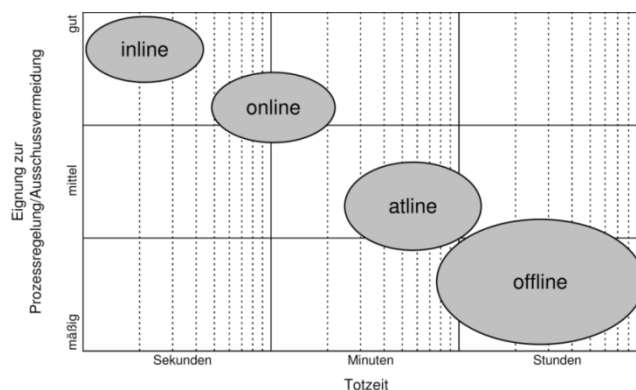
## **1 Qualitätsüberwachung im Compoundierprozess**

Damit der Primärkunststoff seine finalen Eigenschaften erhält, benötigt dieser entsprechend des späteren Anwendungszweckes eine gezielte Modifizierung. Dabei können bspw. mechanische Eigenschaften, chemische Beständigkeit, Farbwirkung, Entflammbarkeit etc. durch Zuschläge wie Füllstoffe, Weichmacher, Farbpigmente oder Flammschutzmittel eingestellt werden (GDV 2000, Hochrein und Alig 2011). Da nur bei einer homogenen Verteilung der Zusatzstoffe im Primärkunststoff eine gleichmäßige Veränderung im Materialsystem erreicht werden kann, ergibt sich als Hauptaufgabe bei diesem Kunststoffaufbereitungsprozess das gleichmäßige Vermischen zweier oder mehrerer Komponenten. Hieraus leitet sich aus dem Englischen der Begriff Compoundieren ab. Da eine sinnvolle Homogenisierung hauptsächlich im aufgeschmolzenen Zustand des Kunststoffs erzielt wird, findet dies in der Regel auf einem Extruder statt (Dürr et al. 2005). Bei diesem kontinuierlichen Verfahren werden die Materialien über die Schnecken eingezogen, aufgeschmolzen, vermischt und anschließend wieder zu Granulat verarbeitet (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Compoundierlinie, bestehend aus Extruder mit Antrieb und Schnecken sowie Dosierwaagen zur Materialzugabe von Primär- und Zusatzstoffen, Kühlstrecke und Granulierung**

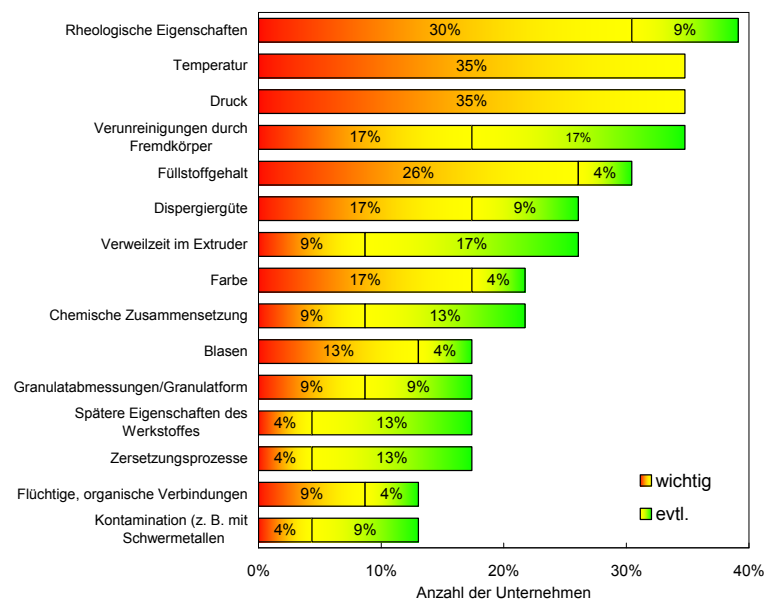
Wie in Abbildung 2 zu erkennen, kann zur Qualitätsüberwachung dabei auf unterschiedliche Messstrategien zurückgegriffen werden, welche sich u. a. hinsichtlich ihres Messortes und ihrer Feedback-Zeit bis zum Vorliegen des Messergebnisses unterscheiden. So finden Offline-Verfahren zeitlich und räumlich getrennt zum Produktionsprozess nachgeschaltet in einem Labor statt. Hierbei kann die Totzeit zwischen Produktion und Vorliegen des Messergebnisses in der Größenordnung von Stunden oder Tagen liegen. Atline-Messungen finden ebenfalls zeitversetzt zum Prozess statt, jedoch findet hier die Messung in örtlicher Nähe zur Produktionsanlage statt. Die Online-Verfahren sind bereits direkt in den Prozess integriert. Dabei findet die Messung jedoch nicht direkt im Hauptprozessstrom statt, sondern wird bspw. in einem Bypass parallel zur Produktion durchgeführt. Eine Messung, welche direkt im Hauptstrom in Echtzeit stattfindet, nennt man Inline-Messung. Diese bietet die schnellste Rückmeldung des Messergebnisses sowie eine vollständige Bewertung des Hauptproduktionsstroms und nicht nur eine zeitlich stichprobenartige Messung. Hinsichtlich einer Qualitätsüberwachung im Compoundierprozess ist es somit naheliegend, auf Inline-Verfahren zurückzugreifen. Somit kann in Echtzeit der Prozess überwacht werden und ggf. auftretende Abweichungen und Fehlentwicklungen frühzeitig detektiert und rechtzeitig mit Gegenmaßnahmen reagiert werden. Dies ermöglicht sowohl die Produktion mit hohen Qualitätsanforderungen als auch die Vermeidung von beträchtlichen wirtschaftlichen Schäden in Form von Ausschussproduktion. Gerade die Automobil- und Medizintechnik als Abnehmerkunden üben dabei verstärkt Druck auch auf die Compoundeure hinsichtlich einer 100 %-Kontrolle und Kostenminimierung aus (Hochrein und Alig 2011).



**Abbildung 2: Eignung der unterschiedlichen Messverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Qualitätsüberwachung und Prozessregelung. Die Totzeit drückt dabei den Zeitabstand bis zum Vorliegen des Messergebnisses aus. (Hochrein und Alig 2011)**

Zur Überwachung eines Compoundierprozesses wird derzeit hauptsächlich auf Druck- und Temperaturmessungen zurückgegriffen. Dabei wird die Temperatur als vorgegebene Stellgröße der Temperierung des Schneckengehäuses kontrolliert und der Massendruck der Kunststoffschmelze vor der Düse zusätzlich zum Antriebsmoment für eine evtl. Sicherheitsabschaltung überwacht. Beide Messungen finden als Inline-Messung in Echtzeit statt. Daneben findet noch eine Regelung des Massenstroms mit Hilfe der Dosierwaagen statt.

Bei der Betrachtung der Produktqualität spielen neben den mechanischen Eigenschaften und den Farbwerten, welche je nach späterem Anwendungsfall kontrolliert werden, vor allem die rheologischen Eigenschaften des Compounds eine Rolle. Dies wird ebenfalls in Abbildung 3 deutlich, welche bei einer Umfrage unter Compoundeuren die rheologischen Eigenschaften als den interessantesten Inline-Kennwert beim Compoundieren aufzeigt (Hochrein et al. 2008).



**Abbildung 3: Umfrage unter Compoundeuren bzgl. der für sie interessantesten Inline-Kennwerte (Hochrein et al. 2008)**

Die rheologischen Eigenschaften beeinflussen direkt die Verarbeitungsbedingungen des Kunststoffmaterials und dienen daher als feste Größe in der Kommunikation zwischen Compoundeuren und Kunden, weswegen sie ebenso zur Wareneingangs- und -ausgangskontrolle Verwendung finden (Frick und Stern 2010). Weiterhin steht die Rheologie auch in Beziehung zu weiteren Materialeigenschaften. Die gängigste Beschreibung der rheologischen Eigenschaften liefert dabei die dynamische Scherviskosität als Verhältnis zwischen Schubspannung und Schergeschwindigkeit, was somit quantifiziert, wie leicht- oder zähflüssig die Kunststoffschmelze ist. Eine Einpunkt-Messung der Viskosität, der sogenannte MFR-Wert (engl. melt flow rate, Schmelzeflussindex), hat sich als Vereinfachung und damit verbreitetster Messwert in der Praxis etabliert.

Zur Bestimmung der Viskosität und des MFR-Werts wird derzeit in der Regel auf Rotations- bzw. Kapillarrheometer und Schmelzeflussindex-Prüfgeräte zurückgegriffen. Diese Messungen finden der Produktion nachgeschaltet im Labor statt, womit als Offline-Verfahren eine deutliche Totzeit bis zu einer Aussage über die Produktqualität verstreicht und Fehlproduktion erst spät erkannt wird. Vorteil der Verfahren ist, dass diese Methoden genormt, standardisiert und somit in der Industrie

weit verbreitet sind. Online-Kapillarrheometer sind ebenfalls am Markt verfügbar und ermöglichen die Bestimmung der Viskosität über einen Bypass im Prozess. Jedoch sind diese für hochgefüllte und abrasive Zusatzstoffe nur bedingt geeignet, verursachen hohen Wartungsaufwand und liefern ebenfalls nur Messwerte mit einem Zeitverzug von einigen Minuten.

Softsensoren zur Bestimmung der Viskosität zur Inline-Qualitätskontrolle beim Compoundieren umgehen diese Nachteile und wurden daher in dieser Arbeit näher als Alternative untersucht.

## 2 Softsensorik

Hinter dem Begriff „Softsensorik“ steht die Bezeichnung „software-basierte Sensorik“. Ebenfalls ist der Begriff „Virtueller Sensor“ gebräuchlich. Hierbei handelt es sich nicht um einen real existierenden Hardwarensensor, sondern um eine mathematische Abhängigkeit zwischen physikalischen Messgrößen (z. B. Prozessdaten als Eingangswerte) und gewünschten Zielgrößen (z. B. Qualitätskennwerte als Ausgangswert). Dies bedeutet, dass die Zielgröße nicht gemessen sondern über einen Algorithmus berechnet wird (Hochrein und Alig 2011). Da dieser Vorgang in Echtzeit umgesetzt werden kann, ermöglicht dies die Inline-Bestimmung von Zielgrößen, welche alternativ nur offline mit hohem Aufwand und Zeitversatz gemessen werden können.

Theoretisch betrachtet wäre nahezu jeder Sensor ein Softsensor, da die meisten Ausgabewerte selten direkt bestimmt werden können, sondern über eine Ersatzmessgröße anhand einer Kalibrierkurve oder Kennlinie umgerechnet werden (z. B. Messung der elektrischen Widerstandsänderung in Abhängigkeit der Temperatur ermöglicht eine Temperaturermittlung). Eine Differenzierung ist an dieser Stelle anhand der Beziehung zwischen Mess- und Ersatzmessgröße möglich, welche bei einem gängigen Sensor oft einen einfachen stetigen und streng monotonen Verlauf folgt und meist aus nicht mehr als zwei unabhängigen Eingangsgrößen resultiert. Bei einem Softsensor müssen komplexe Zusammenhänge berücksichtigt werden, wie sie z. B. bei realen Verarbeitungsprozessen vorliegen (Hochrein und Alig 2011).

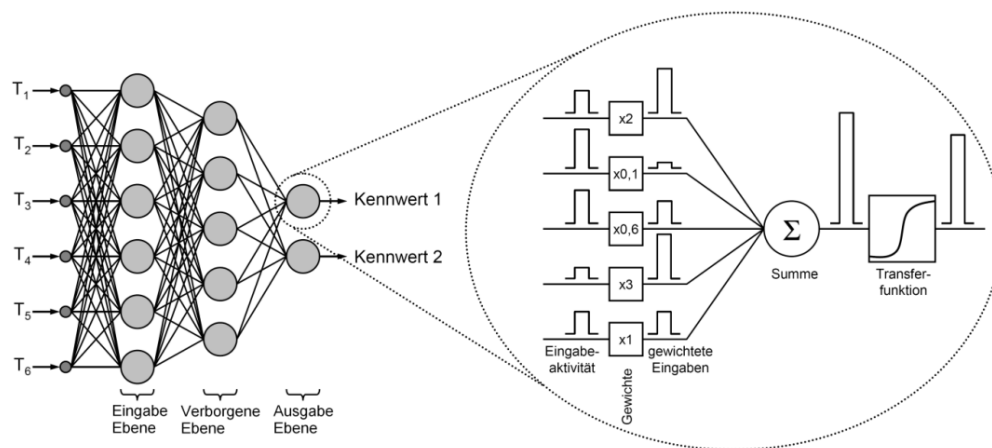
Das Kernstück eines Softsensors bildet das Modell, welches als Algorithmus die Abhängigkeit der Eingangsmessgrößen zu der Ausgangszielgröße beschreibt. Somit definiert sich die Genauigkeit eines Softsensors aus der Genauigkeit, mit welcher das hinterlegte Modell die physikalische Zielgröße abbildet. Daher kommt der Modellerstellung, sprich Modellierung, eine wichtige Rolle zu. Zur Ermittlung des im Modell hinterlegten Algorithmus gibt es verschiedene Ansätze.

Bei einer rigorosen Modellierung sind bereits die meisten Zusammenhänge zwischen den Eingangsgrößen und der Ausgangsgröße bekannt und können mathematisch ausformuliert werden. Dies entspricht dem idealen Fall (z. B. bei einer Kalibrierung konventioneller Sensoren), da das Modellverhalten exakt kausal erklärbar ist. Jedoch sind nur wenige chemische oder physikalische Systeme derart definierbar (Hochrein und Alig 2011). Andernfalls müssen dabei Vereinfachungen vorgenommen werden, welche sich stark auf die Modellgenauigkeit auswirken. Diese Einschränkung trifft auch auf die meisten Kunststoffverarbeitungsprozesse zu. Aktuelle rigorose Modelle in ähnlichen Anwendungsfällen weisen eine Abweichung um die 20 % auf (Rudloff et al. 2011).

Einen weiteren Ansatz bieten die statistische Regressionsverfahren, die in der Regel auf Gleichungen wie z. B. lineare Abhängigkeiten oder Potenzfunktionen höherer Ordnung basieren, welche die freien Parameter einer Funktion so lange modifizieren, bis sie den Zusammenhang funktional beschreiben können (Hochrein und Alig 2011). Als Basis dient dabei eine Reihe von

verschiedenen statistischen Methoden. Ein weit verbreiteter Anwendungsfall von statischen Regressionsverfahren bildet die Chemometrie, welche als Analysewerkzeug u. a. in der Spektroskopie genutzt wird.

Einen anderen Ansatz bieten die Künstlichen Neuronale Netze (KNN). Diese bestehen in Anlehnung an das biologische Vorbild aus neuronalen Netzpunkten, den Neuronen, welche miteinander verknüpft sind. Innerhalb eines Neurons wird in der Regel jeder Eingangswert von einem anderen Neuron individuell gewichtet und anschließend die Summe aller gewichteten Eingangswerte mit einer Transferfunktion verrechnet, welche somit das Signal ergibt, dass an die angeknüpften Neuronen weitergeleitet wird (vgl. Abbildung 3). Netztopologie und Anpassung der Neuronen kann dabei auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen (Scherer 1997). Diese Art der Mustererkennung ermöglicht auch in unbekannten Systemen Abhängigkeiten zu ermitteln und entspricht einer sog. „Black-Box“-Modellierung. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde auf ein KNN zur Modellierung zurückgegriffen.



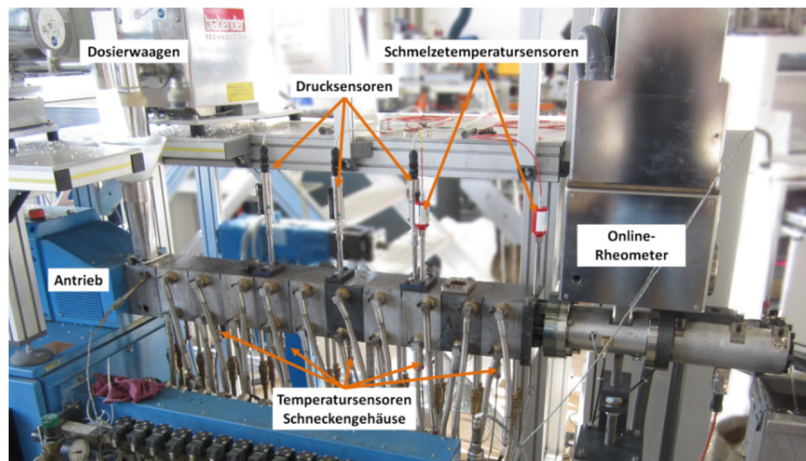
**Abbildung 3:** Darstellung eines KNN auf der linken Seite und Funktionsablauf innerhalb eines einzelnen Neurons auf der rechten Seite (Hochrein und Alig 2011)

### 3 Aufbau eines Softsensors zur Viskositätsüberwachung

Zur Inline-Qualitätsüberwachung der rheologischen Eigenschaften des Compounds bei der Kunststoffaufbereitung wurde exemplarisch der Einsatz eines Softsensors zur Bestimmung der Viskosität realisiert und hinsichtlich seiner Abbildungsgenauigkeit validiert. Als zu untersuchende Materialsysteme wurden aufgrund ihrer industriellen Relevanz Polyethylen (PE) und Polyamid (PA) gewählt.

#### 3.1 Messdatengenerierung

Da zur Nutzung von KNN für die Ermittlung der Abhängigkeit der Prozessgrößen als Eingangsgrößen und der Viskosität als Ausgangsgröße eine Datenbasis zum Modelltraining benötigt wird, wurden im Vorfeld Versuche auf einer Compoundieranlage zur Datengenerierung durchgeführt. Die Versuche fanden dabei auf einem gleichläufigen Doppelschneckenextruder ZSK 26 Mcc der Firma Coperion GmbH statt (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Extruder ZSK 26 Mcc der Firma Coperion GmbH mit integrierter Messhardware zum Aufzeichnen der Prozessparameter und Viskosität

Während der Versuchsdurchführung wurden Prozessgrößen wie Temperierung des Schneckengehäuses, Massedurchsatz oder Schneckendrehzahl variiert. Weiterhin wurde die Viskosität verändert. Dazu wurde gleiches Kunststoffmaterial mit unterschiedlichen rheologischen Eigenschaften in verschiedenen Mischungsverhältnissen dosiert. Somit konnten definierte Zustände der Viskosität des Kunststoffmaterials erzielt und variiert werden, um ein weites Prozessdatenspektrum der Viskositätszustände der Schmelze während der Datengenerierung zu erzielen und in der Daten-basis zu hinterlegen. Während der Versuchsdurchführung wurden verschiedene Prozessparameter und die Viskosität über ein Online-Rheometer bei einer konstanten Schergeschwindigkeit von  $63 \text{ s}^{-1}$  aufgezeichnet. Die Messgrößen und Messgenauigkeiten der eingesetzten Sensoren können Tabelle 1 entnommen werden.

Messgröße	Einheit	Wertebereich	Messfehler (%)	Messort
Durchsatz	kg/h	0 - 20	1	Dosierwaagen
Drehzahl	$\text{min}^{-1}$	0 - 1800	1	Extruderantrieb
Motordrehmoment	%	0 - 100	10	Extruderantrieb
Massedruck	bar	0 - 1000	0,5	Extrudergehäuse
Schmelzetemperatur	$^{\circ}\text{C}$	0 - 400	1	Extrudergehäuse
Gehäusetemperatur	$^{\circ}\text{C}$	0 - 380	1	Extrudergehäuse
Viskosität bei $63 \text{ s}^{-1}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	200 - 1760	1	Online-Rheometer

**Tabelle 1:** Auflistung der Prozessgrößen sowie der Qualitätsgröße für die Modellierung mit Angabe des Messfehlers bezogen auf den Wertebereich.

### 3.2 Datenaufbereitung

Wie bei allen Datenauswerteargorithmen gilt auch bei KNN, dass ein Modell nur so gut sein kann wie die Informationen, welche zum Modellieren genutzt werden. Aus diesem Grund muss im Vorfeld der Modellierung eine Datenaufbereitung durchgeführt werden, um die Qualität der Daten zu gewährleisten.

Da die Sensoren parallel zur selben Zeit Daten aufzeichnen, sich aber an örtlich unterschiedlichen Stellen entlang des Prozessstroms befinden, charakterisieren sie somit nicht dasselbe

Materialvolumen. Dies bedeutet, dass z. B. Änderungen am Materialsystem über Veränderungen des Mischungsverhältnisses an den Dosierwaagen erst mit einem deutlichen Zeitverzug am Online-Rheometer ankommen, jedoch vorher schon die Sensoren im Extruder beeinflusst haben. Somit muss die Verweilzeit bei der Datenaufbereitung berücksichtigt werden, um einen kausalrichtigen Zusammenhang (Ursache-Wirkung) zu schaffen.

Weiterhin müssen die Daten auf Plausibilität und Konsistenz (Widerspruchsfreiheit) geprüft werden. Dies bedeutet, dass Datensätze mit gleichen Werten der Eingangsgrößen (Prozessgrößen) dieselben Ausgangswerte (Viskositätswerte) aufweisen oder im Falle von Inkonsistenzen (unterschiedliche Ausgangswerte bei gleichen Eingangswerten) entfernt werden müssen. Somit werden nur Datensätze verwendet, welche einen logischen Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsgröße aufweisen.

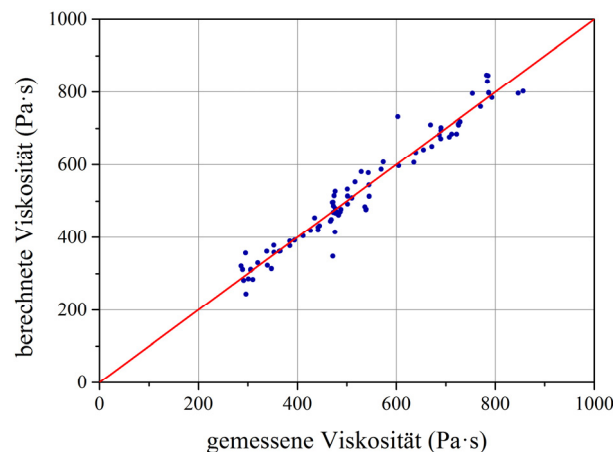
Da Betriebsbereiche bei der Modellierung, welche umfangreicher in den Trainingsdatensätzen repräsentiert sind, stärker bzw. genauer abgebildet werden, muss auf eine gleichmäßige Verteilung der Datenbasis über den Betriebsbereich des Softsensors geachtet werden. Dazu können mit Hilfe von Clusterung überrepräsentierte Bereiche erkannt und zusammengefasst werden.

### 3.3 Modellierung und Modellvalidierung

Mit den aufbereiteten Datensätzen konnten anschließend Modelle auf Basis von KNN gebildet werden. Als Software kam hierbei NeuroModel® 3.1 von atlan-tec Systems GmbH zum Einsatz. Hierbei wurden Modelle für die Viskositätsbestimmung von PE und PA gebildet. Alle Modelle basieren dabei auf Daten, welche in der Größenordnung um die 1.000 bis 10.000 Datensätze aufwiesen.

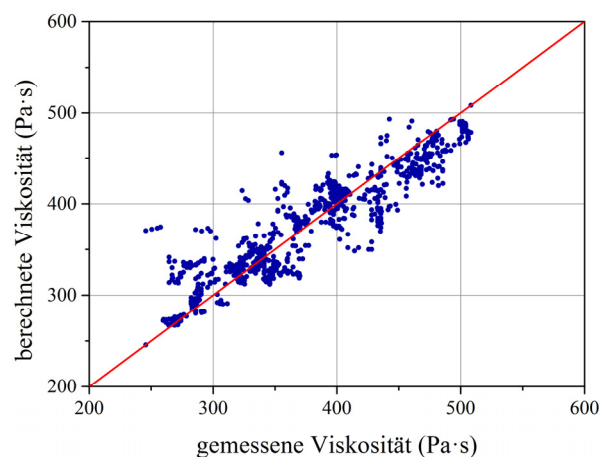
Zur Bestimmung der Modellqualität und Vorhersagegenauigkeit der Viskosität mittels KNN-Modell wurden die Modelle validiert. Dazu wurden Prozessgrößen als Eingangsgrößen dem Modell vorgegeben. Anschließend berechnete das Modell den entsprechenden Viskositätswert des jeweiligen Prozesszustands. Dieser vom Modell berechnete Wert wurde dann mit der tatsächlich bei der Versuchsdurchführung im Online-Rheometer gemessenen Viskosität verglichen und so die Messabweichung ermittelt. Problematisch beim Modellieren kann das sogenannte Over-Fitting sein. Dabei lernt das Modell nur exakt die Zustände, welche als Datensätze beim Modellieren genutzt wurden und ist sehr ungenau bei Betriebszuständen zwischen den Datensätzen. Um auch die Interpolationsfähigkeit des Modells zu überprüfen, wurden bei der Validierung zusätzlich Testdatensätze genutzt, welche nicht für das Modelltraining genutzt wurden.

Die Validierung des PE-Modells mit allen zur Modellierung genutzten Datensätzen ergab einen mittleren Modellfehler von 34 Pa·s. Der Korrelationskoeffizient zwischen Modellvorhersage und tatsächlichen Messwerten beträgt dabei 0,97. Somit liegt die Messgenauigkeit des Softsensor-modells in der Größenordnung eines Online-Rheometers. Zum Nachweis, dass vom Modell nicht nur die Trainingsdatensätze wiedergegeben werden, sondern auch unbekannte Zwischenzustände im Betriebsbereich des Modells abgedeckt werden können, fand eine Validierung mit Testdatensätzen statt. Dabei wiesen mittlere Abweichung und Korrelationskoeffizient dieselben Werte wie die Validierung mit Trainingsdaten auf (vgl. Abbildung 5). Somit besteht zwischen Modell-berechnung und Messung eine lineare Korrelation. Dies lässt die Annahme zu, dass das Modell innerhalb des Betriebsbereichs die Viskosität bei PE anhand der Prozessparameter bestimmen kann. Daher könnte eine Inline-Qualitätskontrolle mit Hilfe des Softsensors umgesetzt werden.



**Abbildung 5:** Korrelation zwischen den modellberechneten und gemessenen Viskositätswerten von PE-Testdaten, welche bei der Modellierung nicht berücksichtigt wurden. Die blauen Punkte zeigen auf, welche berechnete Werte (Ordinate) den Messdaten (Abszisse) entsprechen. Die Punkte liegen bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,97 sehr nahe am Ideal von einer Ursprungsgeraden mit der Steigung 1 (rote Linie), was einer vollständigen Übereinstimmung zwischen Modellberechnung und tatsächlicher Messung entspräche.

Die Validierung des Viskositätsmodells von PA-Materialien mit unabhängigen Testdatensätzen erzielte einen mittleren Modellfehler von 42 Pa·s. Der Korrelationskoeffizient zwischen berechneten Werten und gemessenen Werten liegt bei 0,92. Grafisch kann der Zusammenhang Abbildung 6 entnommen werden. Im Gegensatz zum PE-Modell besteht bei der Viskositätsabbildung des PA-Materials keine eindeutige direkte Korrelation zwischen Modellberechnung und den Messwerten. Somit können die vom Softsensor gelieferten Viskositätswerte nur unter Vorbehalt zur Qualitätskontrolle herangezogen werden. Grund für die schlechtere Übereinstimmung zwischen Modellberechnung und Messwert ist die niedrigere Viskosität des PA-Materials gegenüber dem PE-Material. Der niedrigere Viskositätsbereich und die damit verbundenen geringfügigen Veränderungen der Viskosität bei Materialveränderungen führen zu sehr geringen Drehmoment- und Druckwerten im Extruder, und bilden damit die Änderungen im System kaum messbar ab. Dies führt dazu, dass Viskositätsänderungen sich nicht deutlich genug in den Prozessparametern widerspiegeln und somit zu größeren Ungenauigkeiten im Modell führen.



**Abbildung 6:** Darstellung des grafischen Zusammenhangs zwischen den modellberechneten (Ordinate) und gemessenen (Abszisse) Viskositätswerten bei PA als Materialsystem mit einem Korrelationskoeffizient von 0,92



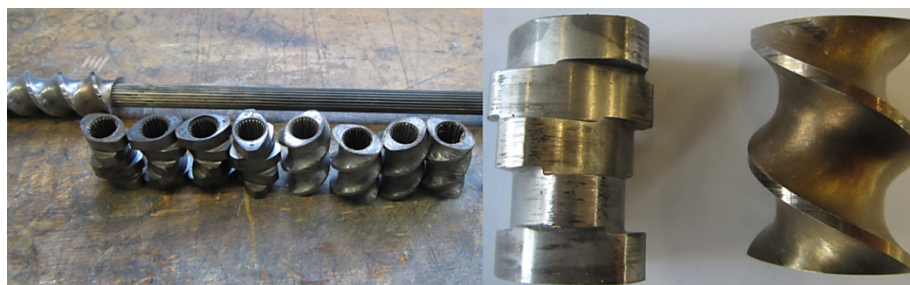
Wie die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, kann für bestimmte Wertebereiche anhand der Prozessdaten über ein Modell die Viskosität in Echtzeit bestimmt werden. Somit kann unter den gegebenen Umständen ein Softsensor zur inline Qualitätskontrolle und -überwachung beim Compoundieren auf Basis der Prozessdaten eingesetzt werden.

## 4 Validierung der Rahmenbedingungen/Untersuchungen der Systemgrenzen

Ein Modell spiegelt den statischen Zustand wider, welcher zum Zeitpunkt der Messdatengenerierung für das Modelltraining vorherrscht. Da die Rahmenbedingungen beim Compoundierprozess sich dynamisch verändern, können somit Änderungen im System auftreten, welche vom Modell nicht detektiert und somit unberücksichtigt bleiben. In diesen Fällen kann die Messgenauigkeit eines Modells deutlich absinken. Hierzu wurde simuliert der Maschinenverschleiß an den Schneckenelementen im Extruder und Materialschwankungen in Folge von Chargenwechsel untersucht.

### 4.1 Untersuchung simulierter Maschinenverschleiß

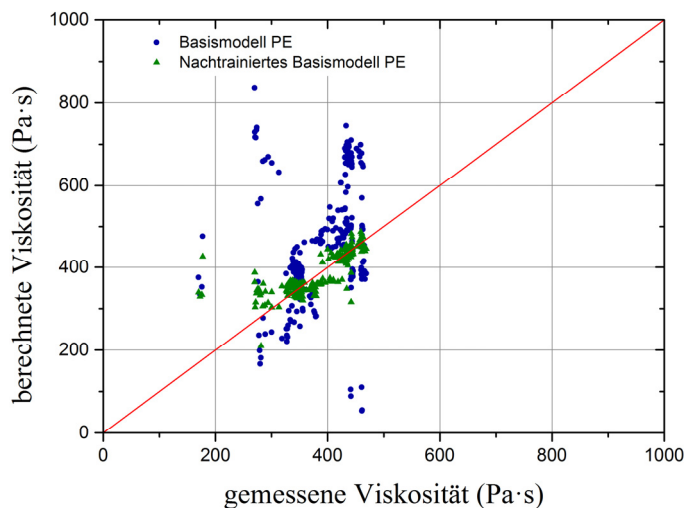
Schneckenverschleiß tritt infolge von Reibung zwischen Material und Schneckenelementen auf. Dabei verkleinert sich der Außendurchmesser der Schnecke, was unter anderem Mischwirkung und Wärmeeinbringung beeinflusst. Es ist somit anzunehmen, dass Modellberechnung und tatsächliche Viskosität nicht mehr übereinstimmen. Um diesen Effekt zu untersuchen, wurde eine Validierung des PE-Modells mit Testdatensätzen durchgeführt, welche unter simuliertem Verschleißeffekt aufgezeichnet wurden. Zum Nachstellen des Verschleißes wurden Knetelemente der Schnecke durch Fördererlemente ersetzt (vgl. Abbildung 7), da Knetelemente im verschlissenen Zustand weniger Knetwirkung und damit Energieeintragung aufweisen.



**Abbildung 7:** Ausgebaute Schnecke mit abgezogenen Schneckenelementen (linkes Bild) sowie einzelnes Knetelement (links, rechtes Bild), welches für Verschleißsimulation durch ein einzelnes Fördererlement (rechts, rechtes Bild) ersetzt wurde.

Die Validierung des PE-Modells mit den Testdaten, welche unter simulierten Verschleißeffekten aufgezeichnet wurden, ergab einen mittleren Modellfehler von 170 Pa·s und einen sehr niedrigen Korrelationskoeffizienten von 0,2, sodass kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Modell- und Realwert vorliegt. Dies kann damit begründet werden, dass die vom Modell angenommene Energie, welche über Schneckendrehzahl und Antriebsmoment in das Material eingebracht wird, aufgrund der veränderten Schneckenelementgeometrie nicht mehr mit der tatsächlich eingebrachten Energie übereinstimmt. Somit kann in diesem Zustand anhand des Ursprungsmodells keine Viskositätsbestimmung aus den Prozessgrößen umgesetzt werden.

Eine Möglichkeit, das Modell an neue Zustände zu adaptieren, ist das Nachtraining. Dabei wird das bestehende Ursprungsmodell mit weiteren Datensätzen, welche unter den neuen Zuständen ermittelt wurden, weitertrainiert und angepasst. Zum Nachtraining des PE-Basismodells wurden 250 Datensätze verwendet. Eine erneute Validierung ergab nun einen mittleren Modellfehler von 32 Pa·s und einen Korrelationskoeffizienten von 0,81. Somit liegt mit dem Nachtraining noch keine gute Korrelation zwischen Modellberechnung und Messwert vor, jedoch ist eine deutliche Verbesserung als Tendenz erkennbar. Unter der Annahme, dass analog den Versuchen ohne Verschleiß die Viskosität mit einer ausreichend großen Datenmenge modellierbar ist, kann davon ausgegangen werden, dass mit weiteren Datensätzen das Modell an den neuen Zustand adaptierbar ist. Hierzu sind jedoch mehr als die hier verwendeten 250 Datensätze notwendig. Generell lässt sich folgern, dass mit Hilfe des Nachtrainings das Modell an neue Zustände angepasst und weiterhin zur Qualitätsüberwachung genutzt werden kann.

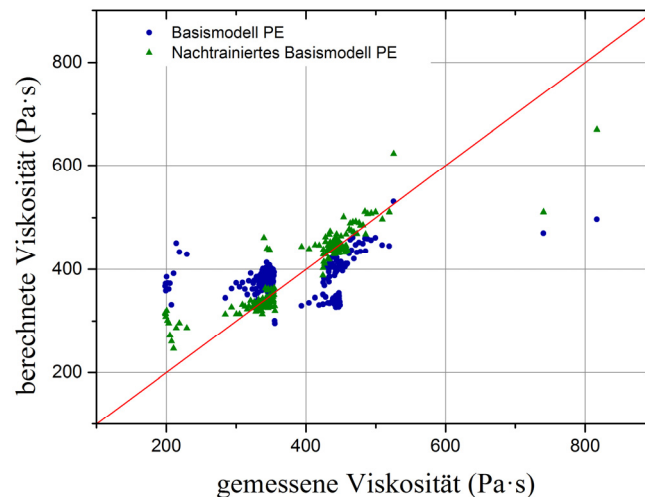


**Abbildung 8:** Korrelation der modellberechneten Viskosität des Ursprungsmodells (blaue Punkte) und des nachtrainierten Modells (grüne Dreiecke) mit der tatsächlich gemessenen Viskosität von Testdatensätzen bei simuliertem Schneckenverschleiß. Die Verbesserung des Korrelationskoeffizienten von 0,2 auf 0,81 ist durch das Heranrücken der Datenpunkte an die Idealgerade erkennbar. Da zum Validieren dieselben Testdatensätze verwendet wurden, ändert sich die Positionen der Datenpunkte nur auf der Ordinate.

## 4.2 Untersuchung simulierter Chargenwechsel

Da bei einem Chargenwechsel in der Regel auch eine minimale Änderung der rheologischen Eigenschaften des Materials stattfindet, kann dies zu Systemveränderungen führen, welche nicht durch den Softsensor erfasst werden können. Dabei würde sich das Materialverhalten anders auswirken, als dem Modell bekannt ist, und somit zu Abweichungen führen. Zur gezielten Simulation des Chargenwechseleffekts wurden PE-Typen mit unterschiedlichen Viskositäten in verschiedenen Mischungsverhältnissen zudosiert. Die Mischungsverhältnisse änderten sich dabei lediglich in 1 %-Gewichtsanteilschritten, sodass nur eine minimale Veränderung des zugegebenen Materials, analog eines Chargenwechsels, erzielt wurde. Die Validierung des Basismodells PE mit den Testdaten bei simuliertem Chargenwechsel ergab einen mittleren Modellfehler von 84 Pa·s. Der Korrelationskoeffizient betrug 0,17. Somit hat hier eine minimale Änderung des Materials zu einer deutlichen Abweichung geführt. Zum Anpassen des Modells an die neuen Systembedingungen wurde dieses mit 250 Datensätzen weitertrainiert. Die Validierung des nachtrainierten Modells ergab eine erhebliche Verbesserung der Modellgenauigkeit bei einem mittleren

Modellfehler von 22 Pa·s. Der Korrelationskoeffizient betrug nun 0,91. Somit konnte auch hier eine deutliche Verbesserung der Modellgenauigkeit erzielt werden, welche den Rückschluss zulässt, dass bei einem ausreichend großen Datensatz zum Nachtraining das Modell an das neue Systemverhalten angepasst werden kann. Abbildung 9 verdeutlicht nochmals die verbesserte Viskositätsbestimmung durch das nachtrainierte Modell im Vergleich zum Ursprungsmodell.



**Abbildung 9: Vergleich des Effekts des Nachtrainings gegenüber dem Ursprungsmodell bei simuliertem Chargenwechsel: die modellberechneten Viskositätswerte mit Nachtraining (grüne Dreiecke) liegen entlang der Ordinate sichtbar näher zu der idealen Korrelationsgeraden als die des Basismodells (blaue Punkte).**

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Zum jetzigen Zeitpunkt kann die Qualität beim Compoundieren nur bei bestimmten Anwendungen in Echtzeit ermittelt werden. Derzeit gängiges Vorgehen ist die Nutzung von Offline-Messmethoden, welche nur mit einem deutlichen Zeitverzug eine Aussage über die Qualität ermöglichen. Hierbei kann lediglich Fehlproduktion als Ausschussmaterial deklariert aber nicht verhindert werden. Zu einer effektiven und wirtschaftlich sinnvollen Qualitätsüberwachung ist somit die direkte Ermittlung der Produktqualität notwendig. Hier würden sich Softsensoren als Lösung anbieten. Im Zuge der Forschungsarbeit konnte nachgewiesen werden, dass es generell möglich ist, mit Hilfe von KNN-Modellen die Viskosität als Qualitätsgröße anhand der gängigen Prozessparameter, wie u.a. Massedruck, Schmelzetemperatur, Schneckendrehzahl und Antriebsmoment, inline zu bestimmen. Weiterhin wurde betrachtet, wie sich Änderungen in den Rahmenbedingungen des Prozesses auf die Modellgenauigkeit auswirken. Als Lösungsansatz hat sich hierbei als zielführend erwiesen, das bestehende Modell mit weiteren Datensätzen nachtrainieren zu lassen und so an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen. Gesamtüberblickend lässt sich festhalten, dass ein Einsatz von Softsensoren bei Kunststoffaufbereitungsprozessen generell umsetzbar ist und neue Möglichkeiten z. B. für die Qualitätskontrolle bietet.

Aufgrund seiner Echtzeitfähigkeit bietet die Softsensorik die Möglichkeit einen geschlossenen Regelkreis zu realisieren. Dabei können bei Drift der Qualitätswerte frühzeitig in den Prozess eingegriffen und Gegenmaßnahmen initiiert und dies somit zur Automatisierung der Prozesssteuerung genutzt werden. Weiterer Einsatzzweck kann die Sensorüberwachung darstellen. Dabei werden die Sensoren für eine Prozessüberwachung anhand von Modellen hinsichtlich Sensordrift oder -ausfall kontrolliert und ggf. Ersatzwerte berechnet. Ebenso können die Modelle des

Softsensoren genutzt werden, um die Betriebspunkte der Anlage zum wirtschaftlichen und qualitativ guten Betreiben der Anlage zu finden bzw. zu optimieren. Somit lässt sich festhalten, dass neben den exemplarisch aufgezeigten Anwendungen noch weitere Potenziale beim Einsatz von Softsensoren in der Kunststoffaufbereitung liegen.

#### *Danksagung:*

Das IGF-Vorhaben 17165 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das SKZ wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert. Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung.

## **6 Literatur**

- Dürr H, Helwig H-J, Herrbach S, Kademmann R, Keßler A, Löblich H, Manz C, Mauk P J, Pilz R, Sauer A, Winkler R C, Witt G, Wohlgemuth H, Witt G (2005) Taschenbuch der Fertigungstechnik. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Leipzig
- Frick A, Stern C (2010) Praktische Kunststoffprüfung. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München
- GDV (2000) Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.) Kunststoffe: Eigenschaften, Brandverhalten, Brandgefahren. In: VdS-Richtlinie 2516:2000-12 (01). VdS Verlag, Köln
- Hochrein T, Alig I (2011) Prozessmesstechnik in der Kunststoffaufbereitung. Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg
- Hochrein T, Kretschmer K, Bastian M (2008) Untersuchung der Potenziale neuer Messmethoden zur Verbesserung der Marktposition von KMU in der Kunststoffaufbereitung. In: SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Hrsg.) Sachbericht Aktenkennzeichen 3621b-IBS/e-32451/06-IGF-0610-0006, Würzburg
- Kugler C, Dietl K, Hochrein T, Heidemeyer P, Bastian M (2013) Robust Soft Sensor based on an Artificial Neural Network for real-time determination of the Melt Viscosity of Polymers. In: Proceedings of the Polymer Processing Society 29th Annual Meeting, Nürnberg
- Rudloff J, Bastian M, Heidemeyer P, Kretschmer K (2011) Modellierung von Planetwalzextrudern. Kunststoffe 6:55-58
- Scherer A (1997) Neuronale Netze: Grundlagen und Anwendungen. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden

# Innovative Analyse- und Visualisierungsmethoden für Simulationsdaten

Niclas Feldkamp<sup>1</sup>, Sören Bergmann<sup>1</sup> und Steffen Straßburger<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Wirtschaftsinformatik für Industriebetriebe,  
{niclas.feldkamp|soeren.bergmann|steffen.strassburger}@tu-ilmenau.de

## Abstract

Die diskret-ereignisgesteuerte Simulation ist eine anerkannte Technik zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens von komplexen Fertigungsanlagen. Visualisierungen solcher Simulationen konzentrieren sich oftmals auf die Animation der dynamischen Prozesse eines einzelnen Simulationslaufs, eventuell unterstützt durch Kennzahlen berechnet aus einer Handvoll Experimente und Replikationen. Dieser Beitrag beschreibt einen weitergehenden Ansatz für die visuelle Analyse von Simulationsdaten. In Anlehnung an die Idee von *Visual Analytics* wird in diesem Beitrag die Durchführung einer sehr großen Zahl von Experimenten vorgeschlagen, um so Datensätze aus einem viel breiteren Spektrum von Kombinationen von Eingangs- und Ergebnisdaten zu erhalten. Diese Datensätze werden dann mit Hilfe von Data-Mining-Verfahren verarbeitet und grafisch unter Nutzung geeigneter Visualisierungen analysiert. Dieser Prozess dient dazu, kausale Beziehungen im Modellverhalten aufzudecken, die vorher nicht bekannt waren, was zu einem besseren Verständnis des allgemeinen Systemverhaltens führt.

## 1 Einführung

Die Simulation von Produktions- und Logistiksystemen ist bereits seit langem eine anerkannte Methode zur Planung und Steuerung von Produktions- und Logistiksystemen.

Mit dem Trend zur „Industrie 4.0“ (Krückhans and Meier 2013; Plattform Industrie 4.0 2015; VDE 2013) und der damit einhergehenden Einführung von dezentral gesteuerten und miteinander kommunizierenden Komponenten kommt der Simulation eine Schlüsselrolle zur Beherrschung der steigenden Komplexität der Produktions- und Logistiksysteme zu. Dies wird verstärkt durch neue Möglichkeiten der Integration von Simulations- und Optimierungsansätzen in IT-basierte Lösungen zur Produktionsplanung und -steuerung.

In diesen Kontext ergeben sich mitunter völlig neuartige Einsatzmöglichkeiten für die Simulation abseits der „klassischen“ Simulationsstudien, in welcher typischerweise einzelne konkrete Fragestellungen, wie z. B. „Was ist das beste Layout meiner Fertigung?“, „Wie groß ist die optimale Pufferkapazität?“ oder „Was ist die beste Steuerstrategie?“ beantwortet werden. Hierbei werden meist entweder einzelne Planungsszenarios bestehend aus einem Satz von Eingangsparametern

bzgl. eines oder mehrerer Ergebnisparameter hin untersucht (Law 2014) oder es werden im Sinne der simulationsbasierten Optimierung mittels eines Algorithmus Eingangsparameter bzgl. einer Zielfunktion optimiert (März et al. 2011). In beiden Fällen hängt der Erfolg direkt von den vom Analysten vorgegeben Parametern und Parameterwerten ab. Der Aufwand steigt zudem mit der Zahl der Experimente, wodurch oft eine eher statische Sichtweise angenommen wird und nur wenige Parameter detaillierter untersucht werden. Kleijnen et al. (2005) nennen dieses Suchen nach guten Lösungen den „trial und error“ Ansatz der Simulationsdatenanalyse.

In diesen Beitrag soll gezeigt werden, wie u. a. durch das Nutzen von Techniken des Data Mining und der interaktiven Datenvisualisierung (Visual Analytics) eine erweiterte Sichtweise realisiert werden kann, in welcher grundlegende Wirkzusammenhänge zwischen Eingangs- und Ergebnisdaten im Fokus stehen und somit Wissen über das zu analysierende System abgeleitet wird (Feldkamp et al. 2015a). Der erste Entwurf des Konzeptes wird in diesem Beitrag um eine tiefergehende Betrachtung der Eingangsdatenanalyse, insbesondere hinsichtlich des Einflusses von Kombinationen einzelner Eingangsparameter auf die Performanz des Systems, erweitert.

Hierzu werden zunächst die nötigen Begriffe und die Vorarbeiten diskutiert, bevor in Kapitel 3 das Konzept von Clustering und Visualisierung von Ein- und Ergebnisdaten der Produktionssimulation vorgestellt wird. In Kapitel 4 werden der vorgestellte Ansatz und der damit einhergehende Analyseprozess anhand eines einfachen Testszenarios beispielhaft durchgespielt. Abschließend wird in Kapitel 5 ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten gegeben.

## 2 Visual Analytics

Visualisierung ist im Allgemeinen ein mächtiges Werkzeug für das Interpretieren von Daten. Insofern werden Datenvisualisierungen in der Regel auch immer im Kontext von Simulationsstudien genutzt. Typische hierbei angewandte Visualisierungstechniken sind z. B. zwei- oder dreidimensionale Animationen von dynamischen Prozessen eines einzelnen Simulationslaufs, wobei oftmals die Bewegung einer Entität durch das System im Fokus steht. Andere Visualisierungstechniken im Rahmen der klassischen Simulationsdatenanalyse (Law 2014; Wenzel 1998) beinhalten z.B. die Darstellung von Graphen bestimmter Performanzindikatoren über mehrere Replikationen oder eine Handvoll manuell erstellter Experimentläufe. Visual Analytics geht insofern über die üblicherweise in Simulationsstudien angewandten Visualisierungstechniken hinaus. Hierbei wird das Ziel verfolgt, den Menschen mit seinen kognitiven Fähigkeiten in den visuellen Analyseprozess zu integrieren (Keim 2002). Die grundlegende Idee ist hierbei, Daten in einer visuellen Form derart zu präsentieren, dass der Benutzer in die Lage versetzt wird, mit Hilfe seiner Wahrnehmungsfähigkeiten Muster und Auffälligkeiten zu entdecken sowie Schlussfolgerungen aufzustellen und diese durch Interaktion mit den Daten zu bestätigen oder zu verwerfen (Thomas and Cook 2005).

Visual Analytics wird definiert als „ein iterativer Prozess, der das Sammeln von Informationen, Datenvorverarbeitung, Wissensrepräsentierung, Interaktion und Entscheidungsfindung beinhaltet“ (Keim et al. 2008). Insofern vereint Visual Analytics statistische und mathematische Methoden sowie Methoden aus den Disziplinen des maschinellen Lernens und der Knowledge Discovery in Databases (KDD) (Fayyad et al. 1996).

Eine geeignete Visualisierung sollte hierbei zuerst das Wichtige und große Ganze zuerst zeigen, um dann Details bei Bedarf zu eröffnen. Der begleitende Prozess ist zudem geprägt durch einen

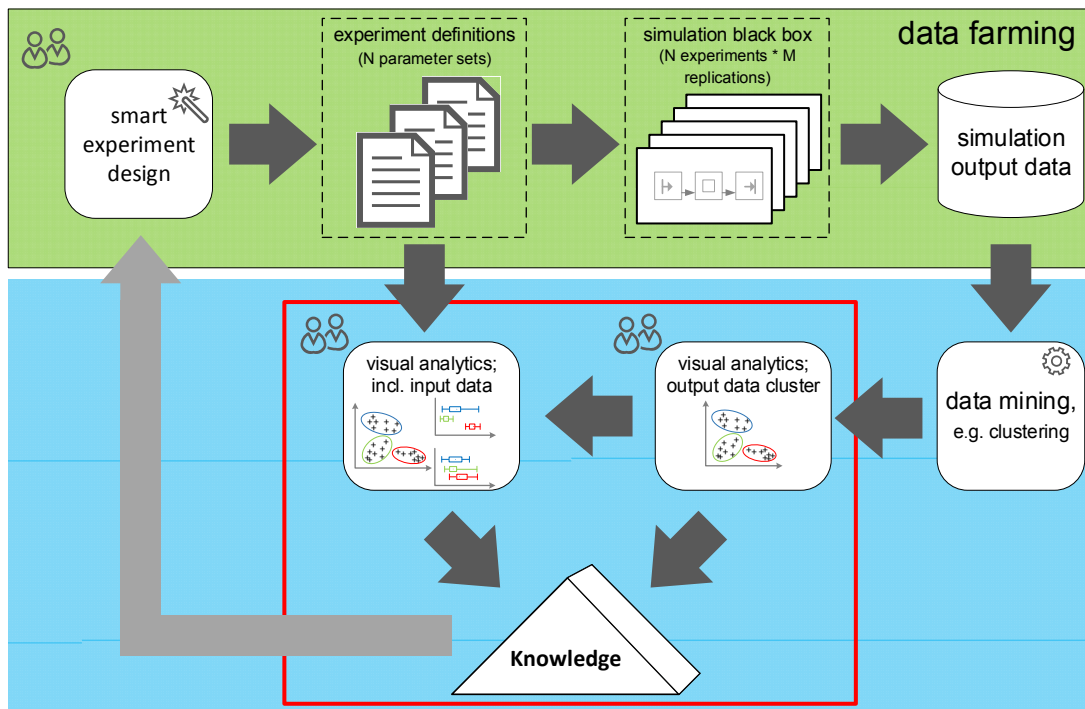
häufigen Wechsel zwischen der visuellen und rechnergestützten Verarbeitung der Daten, sodass es sich um einen semi-automatischen Prozess handelt (Keim et al. 2008). Der Begriff Visual Analytics ist gemeinhin eng verknüpft mit den Begriffen Big Data und Data Mining (Chen et al. 2009; Wong et al. 2012). Data Mining ist hierbei ein wichtiger Teilschritt im KDD-Prozess und enthält die algorithmischen Werkzeuge für die statistische Verarbeitung von Daten, wie z. B. Clustering- oder Regressionsverfahren (Han et al. 2012). Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Verfahren ist daher das Vorhandensein eines ausreichend großen Datenbestands. Aus diesem Grund wird zur Erreichung des Ziels, Visual Analytics für eine Analyse und ein besseres Verständnis von diskreteignisgesteuerten Simulationen einzusetzen, in diesem Beitrag die Anwendung des Data-Farming-Ansatzes für das Design groß angelegter Simulationsexperimente genutzt (Horne and Meyer 2005; Sanchez 2007). Dies ermöglicht einen umfassenden Einblick in das Verhalten des untersuchten Simulationsmodells zu gewinnen. In diesem Zusammenhang bezieht sich „farming“ auf das Generieren von Datensätzen und beschreibt, wie „Simulationsexperimente kultiviert werden, um den Datenertrag zu maximieren“ (Sanchez 2014). Da die hierbei erzeugten Datenmengen sehr schnell sehr umfangreich werden können, ist eine manuelle Begutachtung nicht möglich. Dies spricht für Visual Analytics als ein geeignetes und nützliches Werkzeug für die Analyse solcher Datenbestände.

### 3 Anwendung von Visual Analytics auf Simulationsdaten

Abstrahiert betrachtet können Simulationsmodelle als eine Black Box betrachtet werden, welche Eingangsdaten in Ergebnisdaten (auch Ausgangsdaten) transformiert. Im Kontext von Modellen für Fertigungssysteme sind die Eingangsdaten die justierbaren Stellparameter des Systems, z. B. Zwischenankunftszeiten, Puffergrößen oder Reihenfolgeplanungsstrategien. Ausgangs- bzw. Ergebnisdaten auf der anderen Seite sind die Performanzindikatoren des Systems, wie etwa Durchlaufzeiten und Maschinenauslastung.

Abbildung 1 zeigt den grundlegenden Ansatz für Wissensentdeckung in Simulationsdaten durch Visual Analytics (VA). Zunächst müssen justierbare Stellparameter, also die Eingangsdaten der Simulation, identifiziert werden. Im nächsten Schritt werden nun Ober- und Untergrenzen für diese Faktoren geschätzt und auf Grundlage dessen die zugehörigen Experimente berechnet. Zudem müssen die messbaren Ergebnisparameter definiert werden. Dies umfasst die Definition von möglichen Datentypen und -skalen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass für die Interpretation der Ergebnisse natürlich ein gewisses Maß an Expertise und Kenntnis des betreffenden Modells erforderlich ist. Des Weiteren muss unterstellt werden, dass das Simulationsmodell korrekt und valide ist, andernfalls sind die erzeugten Daten wertlos.

Nachdem die Simulationsexperimente automatisiert durchgeführt wurden, können die Ergebnisdaten mit Hilfe von Data-Mining-Methoden verarbeitet werden und mit Hilfe von geeigneten Visualisierungen dargestellt werden. Erste anschließende Untersuchungen beziehen sich auf die Struktur und Verteilung der Ergebnisparameter sowie deren Verbindungen untereinander. Hierbei können eventuell bereits erste interessante Muster nur mit „Blick“ auf die Ergebnisdaten gefunden werden. Anschließend können weitere Untersuchungen der Eingangsdaten und bzgl. den Verbindungen zwischen Ergebnisdaten und korrespondierenden Eingangsdaten durchgeführt werden.



**Abbildung 1: Visual Analytics (Roter Kasten) als eine Schlüsseltechnik für die Wissensentdeckung in diskret-ereignisgesteuerten Fertigungssimulationen, in Anlehnung an (Feldkamp et al. 2015a)**

Hierbei unterstützt die Visualisierung das Finden der Verbindung zwischen Eingangs- und den dazugehörigen Ergebnisdaten und ermöglicht hierdurch eventuell bisher unbekannt interessante Beziehungen zu entdecken. Durch das Erstellen weiterer Experimente können die interpretierten Untersuchungsergebnisse dann in Wissen transformiert werden, sodass hierdurch ein iterativer Prozess entsteht.

Die Voraussetzung für die Anwendung von Visual Analytics sind aber Transformationen der durch die Simulation generierten Datenmenge in visuell darstellbare Formen. Anders als in Big Data Szenarien mit Echtzeiten unterliegt die Datengenerierung der vollen Kontrolle des Simulationsexperten. Insofern müssen keine Vorkehrungen für den Umgang mit fehlerhaften oder unvollständigen Daten getroffen werden, welche üblicherweise im KDD-Prozess mit Hilfe von umfangreichen Vorverarbeitungsschritten vorgenommen werden. Des Weiteren ist zu bemerken, dass die Anzahl der generierten Daten allein vom Experimentdesign und den zu beobachtenden Performanzkennzahlen abhängt und somit durch intelligentes Design der Simulationsexperimente abgestimmt werden kann.

Wie bereits erwähnt, beinhaltet die Transformation der generierten Rohdaten insbesondere die Anwendung von Data-Mining-Methoden wie z. B. Clustering (Feldkamp et al. 2015a, 2015b). Die Grundidee ist es, durch die Anwendung eines Clustering-Verfahrens auf ausgewählte Parameter der Gesamtmenge der Ergebnisdaten eine Aufteilung der Experimente in Cluster zu erhalten, welche sich hinsichtlich der Werte der ausgewählten Parameter hinreichend ähnlich sind. Die Clusterzugehörigkeit kann dann in weiteren Visualisierungen farblich markiert werden, beispielsweise in einem zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem. Bei mehr als zwei Parametern hat sich die Darstellung in einem Parallelplot als intuitiv und übersichtlich erwiesen, dies wird in Kapitel 4.2 an ein Beispiel näher erläutert.

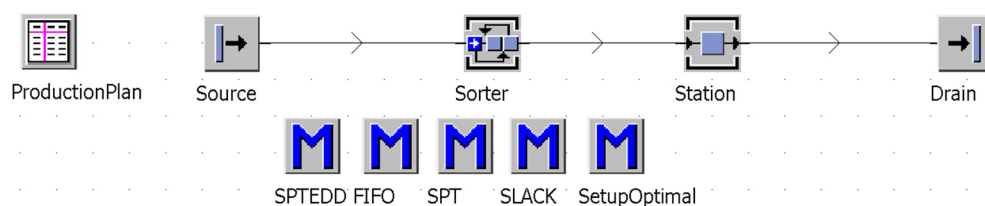


Die Visualisierung der Ergebnisse der Clustering-Verfahren liefert einen ersten visuellen Eindruck (vgl. Abbildung 3) der Performanzindikatoren über eine sehr große Anzahl von Experimenten auf einen Blick. Des Weiteren bekommt man hierbei einen ersten Eindruck, wie sich die Verteilung dieser beobachteten Werte bezüglich dazugehörigen Experimente gestaltet. Im nächsten Schritt können nun die einzelnen Cluster und deren Zusammensetzung untersucht werden. Jedes Experiment (entspricht einem Simulationslauf) repräsentiert einen Datensatz der aus konkreten Werten der Eingangsparameter sowie den Werten der dazugehörigen Ergebnisparameter besteht. Schaut man sich einen bestimmten Cluster (basierend auf den Ergebnisdaten) an, lässt sich aus den dazugehörigen Experimenten ableiten, welche Eingangsparameterwerte zu diesem Cluster gehören. In einem anschließenden, iterativen Prozess kann dann durch das Berechnen statistischer Maßzahlen festgestellt werden, wie sich die Verteilung der Eingangsparameterwerte in diesem Cluster zusammensetzt. Wenn nun die Signifikanz eines bestimmten Eingangsparameterwerts festgestellt werden kann, können hierdurch Rückschlüsse aufgestellt werden, dass dieser bestimmte Wert bzw. ein bestimmter Wertebereich eines Eingangsparameter bzw. entsprechende Werte in einer Kombination von bestimmten Eingangsparametern verstärkt zu einer bestimmten Clusterzuordnung führt. Im Folgenden sollen die hier beschriebenen Ausführungen anhand eines konkreten Testszenarios beispielhaft näher erläutert werden.

## 4 Testszenario

### 4.1 Experimentdesign

Für die Veranschaulichung des Verfahrens wurde ein erweitertes Single Server Modell eingesetzt, welches im Folgenden näher erläutert wird. Es existierten drei verschiedene Produkttypen, die das Fertigungssystem als Aufträge durch eine einzelne Quelle betreten. Jeder Produkttyp und somit Fertigungsauftrag hat eine definierte Bearbeitungs- und Rüstzeit, sowie einen sich daraus ergebenden Fälligkeitstermin. Bevor die Aufträge auf die Maschine gelangen, werden Sie in einem Puffer gemäß einer bestimmten Reihenfolgeplanungsstrategie vorsortiert. Abbildung 2 zeigt einen Screenshot des Simulationsmodells.



**Abbildung 2: Screenshot des Simulationsmodells in Plant Simulation**

Die justierbaren Eingangsparameter der Simulation sind somit die Zwischenankunftszeiten der Aufträge, die Kapazität des Puffers, die Sortierstrategie im Puffer sowie der Produktmix der Fertigungsaufträge. Die zu beobachtenden Ergebnisparameter beinhalten u.a. den Gesamtdurchsatz, durchschnittliche Durchlaufzeiten, Rüstzeiten, Abweichung vom Fälligkeitstermin und Maschinenauslastung. Tabelle 1 zeigt das Experimentdesign.

Zudem wurden folgende fünf verschiedene Sortierstrategien implementiert: First-In-First-Out (FIFO), kürzeste Bearbeitungszeit (SPT), minimale Schlupfzeit (Slack), eine gewichtete Kombination aus SPT und dem frühesten Fertigungsstellungstermin (SPTEDD) und ein rüstoptimales Sortieren (SetupOptimal).

Eingangsparameter	Wertebereich der Parameter
Zwischenankunftszeit	60s-240s
Pufferkapazität	10-1000
Sortierstrategie	5 Strategien
Produktmix	3 Produkttypen je 0-100% pro Produkt
Zufallszahlenstrom	1-10

**Tabelle 1: Experimentdesign**

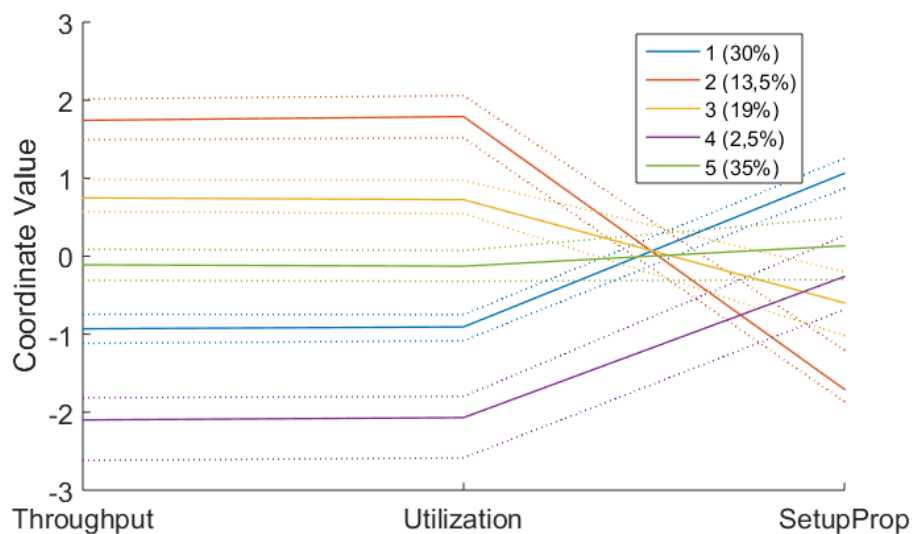
Die Erstellung der Experimente anhand eines vollständigen Versuchsplans (full factorial design) ist hierbei nicht möglich, da allein für den Produktmix mit Faktorstufen von 0%-100% Anteil pro Produkt mehr als  $3^{101}$  verschiedene Kombinationen resultieren würden. Daher wurde die Sampling-Methode des *nearly orthogonal latin hypercube* (NOLH) angewandt, um die Anzahl der Experimente zu reduzieren und trotzdem einen möglichst großen Wertebereich der Parameter abzudecken. Die gewählte Methode zeichnet sich durch eine gute Variabilität der Parameterwerte aus. Orthogonal bedeutet, dass dieses Design die Korrelation zwischen Eingangsparametern minimiert und die Kombinationen der Faktorstufen gleichmäßig verteilt sind (Hernandez et al. 2012; Ye 1998). Des Weiteren wird der Zufallszahlenstrom, mit Stufen von 1 bis 10, als zusätzlicher Eingangsparameter betrachtet, sodass jede Zeile des „Experimenttableaus“ 10-mal repliziert wurde. Hieraus resultierten final ca. 500.000 Simulationsläufe, bei ca. 50.000 verschiedenen Experimentkonfigurationen. Anschließend wurden die Experimente bzw. Simulationsläufe auf mehreren Rechnern verteilt und mit Tecnomatrix Plant Simulation durchgeführt. Für das Speichern der Eingangs- und Ergebnisdaten wurde eine MongoDB noSQL Datenbank genutzt. Diese ist sehr gut auch für große Datenmengen flexibel skalierbar und erlaubt die schemafreie Speicherung und unkomplizierte Modifikation von Datensätzen (MongoDB Inc. 2010). Für die Verarbeitung und Visualisierung der Daten wurde MATLAB R2014b genutzt.

#### 4.2 Clustern von Simulationsergebnisdaten

Die Voraussetzung für den hier beschriebenen Visual-Analytics-Ansatz ist das Anwenden eines Clustering-Verfahrens auf die zu untersuchenden Datensätze. Im Rahmen der Simulationsdatenanalyse werden hierbei die Simulationsläufe in Gruppen (Cluster), basierend auf ähnlichen Performanzkennwerten in den Ergebnisdaten, aufgeteilt. In multidimensionalen Datensätzen bestehen ähnliche Datensätze oft aus Teilmengen, die untereinander korrelieren. Diese Korrelationen von Teilmengen weisen oft auf interessante Verbindungen und eventuell versteckte Kausalitätsbeziehungen hin (Böhm et al. 2004). Insofern ist es im ersten Schritt sinnvoll, die Verteilungen verschiedener Ergebnisparameterkombinationen grafisch nach interessanten Strukturen und Beziehungen zu durchsuchen und als Basis für das Clusteringverfahren zu benutzen (Feldkamp et al. 2015a).

Hierbei wurden für den weiteren Verlauf die Ergebnisparameter Durchsatz, Rüstanteil und Maschinenauslastung als Grundlage für das Clusteringverfahren identifiziert. Im vorliegenden Testszenario lieferte der k-Means-Algorithmus mit einer Clusteranzahl von fünf die aussagekräftigsten Ergebnisse. Die resultierenden Cluster bestehen demnach aus Simulationsläufen, die sich in diesen drei Werten ähnlich sind. Im Optimalfall entstehen Cluster, die sich entsprechend der Systemperformanz einer Hierarchie (schlechte bis sehr gute Systemperformanz) zuordnen lassen.

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis des Clustering-Verfahrens. Hierbei handelt es sich um eine Parallelkoordinatenvisualisierung, die sich gut für multidimensionale Datensätze eignet. Die einzelnen Cluster sind jeweils farblich getrennt, wobei die mittlere Linie den Median aller Simulationsläufe dieses Clusters beschreibt, die beiden gestrichelten Linien jeweils das obere und untere Quartil. Da sich die Werte der drei Parameter eine gemeinsame Achse teilen, wurden die Werte für eine bessere visuelle Darstellung auf einen Durchschnitt von 0 und eine Standardabweichung von 1 normalisiert. Dies ist notwendig, da die Skalen der einzelnen Parameter zu sehr voneinander abweichen (0-1 für die Maschinenauslastung und Rüstanteil sowie 0-800 für Durchsatz). Somit sind zwar die konkreten Werte nicht mehr direkt ablesbar, eine Zuordnung zu niedrig bis hoch ist dennoch möglich.



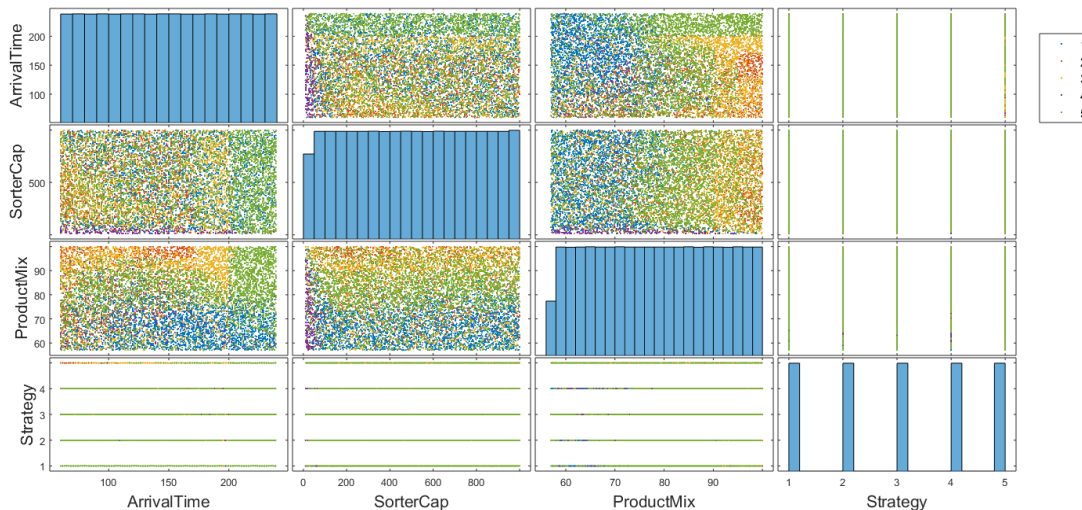
**Abbildung 3: Parallelkoordinatenplot der Cluster basierend auf drei Parametern. Die einzelnen Cluster sind farblich markiert. Die Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil der im Cluster enthaltenen Datensätze. Jede Vertikalachse repräsentiert einen Ergebnisparameter.**

Die einzelnen Cluster lassen sich in diesem Beispiel entsprechend einer Hierarchie zuordnen. Unterstellt man, dass ein möglichst geringer Rüstanteil vorteilhaft ist, beispielsweise aufgrund von Rüstkosten, wäre demnach z. B. Cluster 2 (orange) ein Cluster mit sehr guter Systemperformanz, d.h. hohe Maschinenauslastung, hoher Durchsatz und geringer Rüstanteil. Cluster 3 (gelb) enthält ebenfalls Läufe mit guter Systemperformanz, allerdings mit einem größeren Korridor zwischen den Quartilen, was eine hohe Zahl von Ausreißern vermuten lässt. Cluster 4 (violett) weist ebenfalls einen sehr großen Korridor zwischen den Quartilen auf, d.h. dass die Simulationsläufe bzgl. dieser drei Ergebnisparameter relativ viel streuen. Im Folgenden sollte nun die Zusammensetzung der einzelnen Cluster untersucht werden. Hierbei spielt die Untersuchung der Verbindung zu den Eingangsparametern eine entscheidende Rolle.

#### 4.3 Beziehungen zu Eingangsparametern

Nachdem die Experimente in Cluster bezüglich ihrer Performanzwerte (von ausgewählten Kennwerten) gruppiert wurden, besteht der nächste Schritt im Auffinden von interessanten Verbindungen zu den korrespondierenden Eingangsparametern. Ist beispielsweise ein bestimmter Eingangsparameterwert oder eine Kombination von Werten häufig in den Experimenten eines bestimmten Clusters zu finden, ist dieser Wert wahrscheinlich für die Clusterzuordnung

maßgeblich. Für diesen Zweck sind wiederum visuell unterstützte Untersuchungen möglich, welche im Folgenden näher erläutert werden.



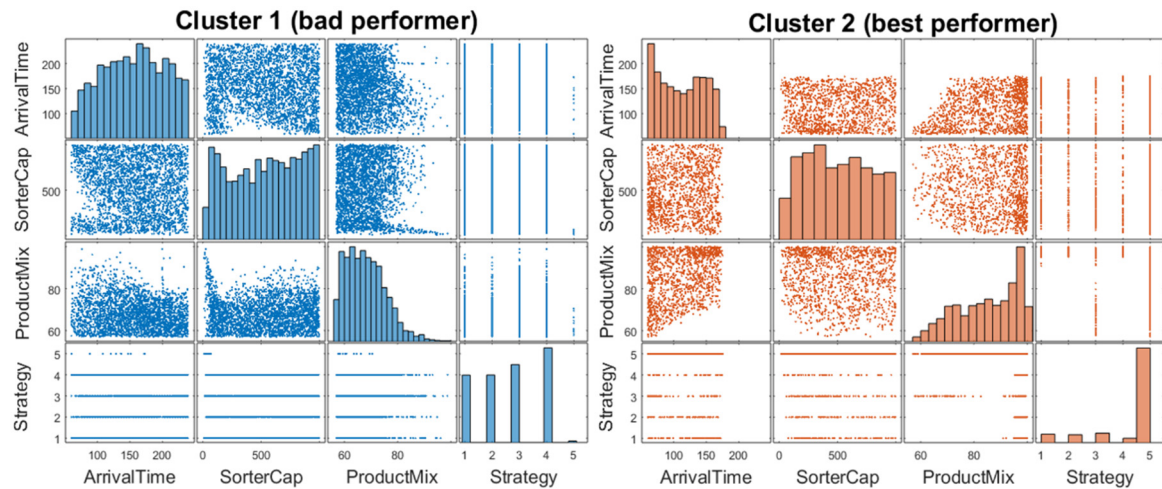
**Abbildung 4: Mehrdimensionales Streudiagramm (matrix scatter plot) der Eingangsparameter: Zwischenankunftszeit, Pufferkapazität, Produktmix (Kennzahl) und Sortierstrategie.**

Abbildung 4 zeigt die verwendeten Eingangsparameterkombinationen (Experimente) in einem Matrixplot, jeweils eingefärbt nach der Clusterzuordnung des dazugehörigen Simulationslaufs. Die gleichmäßigen Flächen und homogenen Histogramme unterstreichen das ausgeglichene Experimentdesign durch den NOLH-Ansatz. Da sich hinter dem Eingangsparameter *Produktmix* tatsächlich eine Verteilung von drei Parametern verbirgt, nämlich der jeweilige Anteil der Produkttypen am Gesamtmix, wird dieser zur Vereinfachung durch eine Kennzahl, basierend auf der euklidischen Länge, angegeben, um eine eindeutig darstellbaren Zahlenwert zu erhalten. Zwar sind die konkreten Anteile der Produkttypen nicht direkt ersichtlich, jedoch lässt sich die Ausgeglichenheit der Anteile ablesen, d.h. eine niedrige Kennzahl steht für einen ausgeglichenen Mix (Minimaler Kennzahlwert 57 bei 33%:33%:33% Verteilung), eine hohe Kennzahl für einen einseitigen Produktmix (Maximaler Kennzahlwert 100 bei 100%:0%:0%).

Zweidimensionale Streudiagramme (Scatterplots) ermöglichen, Zusammenhänge zwischen zwei Parametern und der jeweiligen Clusterzuordnung zu verstehen. Mehrdimensionale Abhängigkeiten und Zusammenhänge sind allerdings schwer zu überblicken. Eine weitere Schwierigkeit ist hierbei, eine große Datenmenge in Gänze darzustellen. Teilweise werden einzelne Punkte überdeckt, sodass die Reihenfolge des Zeichnens der Punkte das Visualisierungsergebnis beeinflusst und somit zu einem Informationsverlust oder einer Informationsverzerrung führt. Dieses Problem tritt hier insbesondere bei dem nominal skalierten Parameter Sortierstrategie (SorterCriterion) auf.

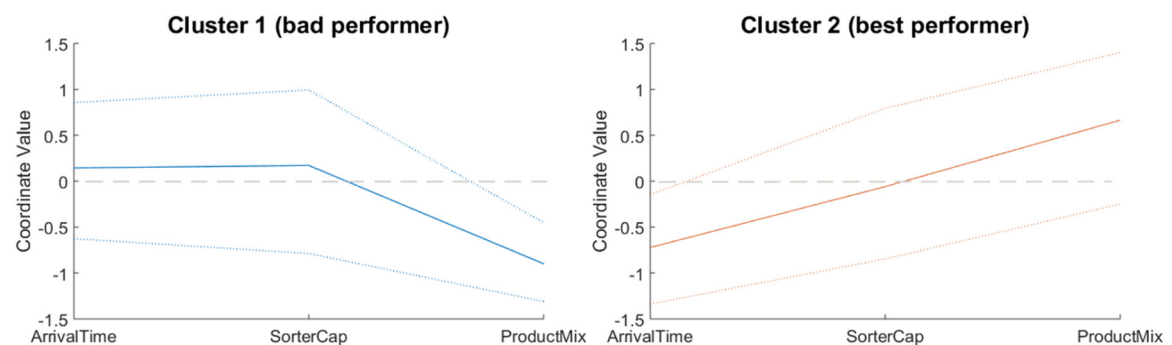
Wie im VA-Prozess üblich, kann nun iterativ und semi-automatisch, d.h. also mit Feedback durch den Anwender, nach einer geeigneteren Visualisierung gesucht werden. Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, zeichnen sich gute Visualisierung dadurch aus, zunächst das große Ganze zu zeigen, um dann bei Bedarf (zum Beispiel durch Filtertechniken) in die Details vorzudringen. Im vorliegenden Fall liegt es deshalb nahe, die jeweiligen Cluster separat zu zeichnen. Im Folgenden sollen zwei besonders interessante Cluster näher untersucht werden, folglich werden jeweils nur Cluster 1 und 2 dargestellt. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, beinhaltet hierbei Cluster 2 jene Simulationsläufe, die eine sehr gute Systemperformanz aufweisen. Cluster 1 hingegen repräsentiert

die Experimente mit schlechter Systemperformanz. Cluster 4 (violett) wird hier vernachlässigt da dieser nur aus einigen wenigen „Ausreißer“-Experimenten (ca. 2,5% der Datensätze sowie einen sehr breiten Bereich zwischen den Quartile) besteht.



**Abbildung 5: Streudiagramme der Eingangsparameter je für die Cluster 1 (links) und 2 (rechts)**

Abbildung 5 zeigt, analog Abbildung 4, Streudiagramme jeweils gefiltert für Cluster 1 bzw. 2. Hierbei fallen nun einige Zusammenhänge wesentlich deutlicher auf. So besteht Cluster 2 z. B. fast ausschließlich aus Experimenten mit rüstopimaler Sortierstrategie (5). Zudem beinhaltet dieses Cluster keine Experimente mit hoher Zwischenankunftszeiten. Die Zwischenankunftszeit spielt bei Cluster 1 hingegen kaum eine Rolle, hier fällt zunächst sofort das Fehlen von Experimenten mit rüstopimaler Sortierstrategie auf. Diese scheint im vorliegenden Testszenario also zunächst maßgeblich für die Systemperformanz zu sein.

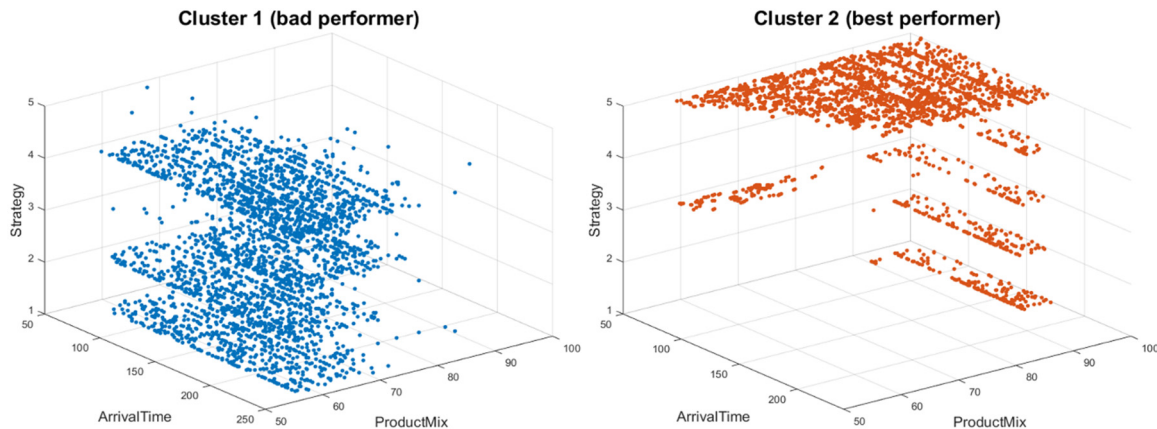


**Abbildung 6: Parallelkoordinatenplot der Eingangsparameter Zwischenankunftszeit, Pufferkapazität und Produktmix (Kennzahl)**

Eine weitere Visualisierungsmöglichkeit zeigt Abbildung 6. Hier werden die für das Cluster 1 und 2 gefilterten Eingangsdaten anhand eines Parallelkoordinatenplots dargestellt. Die Sortierstrategie fehlt in dieser Ansicht, da für nominalskalierte Variablen keine sortierbare Reihenfolge existiert. Somit können weder Mediane noch die Quartile berechnet werden. Diese Abbildung zeigt deutlicher die Auswirkungen der Zwischenankunftszeit und des Produktmixes auf die Clusterzuordnung bzw. Systemperformanz. Die Kapazität des Sortierpuffers liegt bei diesen beiden Clustern im Mittel und scheint somit für die Clusterzuordnung nicht maßgeblich zu sein.



Es hat sich somit herausgestellt, dass die drei Parameter *Sortierstrategie*, *Zwischenankunftszeit* und *Produktmix* die für Zuordnung zu den Clustern 1 und 2 maßgeblichen Eingangsparameter darstellen.



**Abbildung 7: 3D Streudiagramme der Eingangsparameter Zwischenankunftszeit, Sortierstrategie und Produktmix (Kennzahl) für die Cluster 1 und 2**

Abbildung 7 erweitert die Darstellungsmöglichkeiten um das Visualisieren dreidimensionaler Zusammenhänge. Festzustellen ist, dass für Cluster 2 alle Punkte in einem relativ engen Bereich des Darstellungsraums liegen. Offensichtlich führt für das hier genutzte Testsystem eine niedrige Zwischenankunftszeit in Verbindung mit rüstopimaler Strategie (5) zur besten Systemperformanz. Hohe Werte der Produktmixkennzahl (d.h. ein Produkttyp mit dominantem Produktionsanteil) verstärken diesen Effekt. Bei einer Produktmixkennzahl nahe 100 (Ein-Produkt-Fall) fällt weiterhin auf, dass die Sortierstrategie an Relevanz verliert. Dies ist insofern naheliegend, da die rüstopimale Sortierstrategie ihre Bedeutung verliert, wenn nur ein Produkttyp produziert wird und somit die Maschine kaum für verschiedene Produkttypen umgerüstet werden muss. Im Cluster 1 hingegen führen bei relativ ausgeglichenem Produktmix (niedrige Produktmixkennzahl) alle Sortierstrategien (1-4) bis auf die Rüstopimalen, weitestgehend unabhängig von den Zwischenankunftszeiten, immer zu schlechter Systemperformanz. Zusammenfassend kann also im vorliegenden Testszenario allein mit Hilfe von Visual Analytics folgendes Wissen über das System festgehalten werden:

Eine rüstopimale Steuerungsstrategie führt generell zu guter Systemperformanz und ist zu empfehlen, insbesondere bei der Produktion verschiedener Produkttypen. Es muss keine große Pufferkapazität vorgehalten werden, da diese kaum messbaren Effekt auf die Systemperformanz hat, dies zeigen die Histogramme in Abbildung 5 sowie der relativ große Quartilabstand in Abbildung 6. Eine tendenziell niedrige Zwischenankunftszeit ist eine weitere Bedingung für eine sehr gute Systemperformanz. Hier zeigt sich, dass beim vorliegenden Experimentdesign die untere Limitierung der Zwischenankunftszeiten noch nicht ausgereizt ist. Hier kann durch weitere Experimente herausgefunden werden, ab welchem Parameterwert Blockaden im System auftreten, bzw. die von Systemexperten als optimal betrachtete Maschinenauslastung erreicht wird.

## 5 Fazit und Ausblick

Obwohl das Auftreten versteckter Zusammenhänge in einem Single-Server Modell limitiert ist, wurde in diesem Beitrag exemplarisch gezeigt, wie Visual Analytics helfen kann, Wissen über ein Produktionssystem und dessen Verhalten zu erlangen. Die dargestellte Herangehensweise eignet

sich für die Analyse von Produktionssystemen mittels diskret-ereignisgesteuerter Simulationen. Unter Berücksichtigung der Ideen von „Industrie 4.0“ liefert der Ansatz einen Beitrag zur Beherrschung der steigenden Komplexität der „Smart Factories“ der Zukunft.

Der vorgestellte Ansatz eignet sich auch für Personen, die keine Simulationsexperten sind, also z. B. die beteiligten Stakeholder im Rahmen der Fabrik- und/oder Produktionsplanung. Natürlich sollten konkrete Planungsentscheidungen im weiteren Verlauf durch traditionelle Simulationsstudien unterstützt werden. Der hier vorgestellte Ansatz kann jedoch Orientierungshilfe geben und helfen, Systemwissen aufzubauen. Die visuelle Verbindung von Eingangs- und Ergebnisparametern, insbesondere bei Parametern verschiedener Skalenniveaus, stellt neue Herausforderungen an die Visualisierungsmethoden und bietet weiteres Forschungspotenzial. Als Beispiel sei hier die Darstellung der prozentualen Anteile im Produktmix je Simulationsexperiment genannt. Unter der Prämisse, dass gute Visualisierungen leicht zu verstehen und intuitiv sein sollen, entsteht ein Spannungsfeld zwischen Einfachheit, Reduktion, Korrektheit und Komplexität. In diesem Beitrag wurde eine manuelle Integration von verschiedenen Werkzeugen wie MATLAB, Plant Simulation und MongoDB durchgeführt. Für die Etablierung von Visual Analytics in der Simulationsdatenanalyse sollten die vorgestellten Methoden jedoch direkt in die Simulationstools integriert werden.

Weitere Forschungsthemen sind in der Untersuchung von weiteren Data-Mining-Methoden für die Simulationsdatenanalyse zu sehen. Vielversprechende Ansätze könnten hier z. B. Klassifikationsmechanismen wie Entscheidungsbäume oder Support-Vektor-Maschinen sein. Auch könnten Online- bzw. Streamingverfahren zur Kombination von Daten der Betriebsdatenerfassung und von Simulationsdaten für Echtzeitanalysen und Vorhersagen (Predictive Forecasting) genutzt werden.

## 6 Literatur

- Böhm C, Kailing K, Kröger P, Zimek A (2004) Computing Clusters of Correlation Connected Objects. In: Valduriez P, Weikum G, König AC, Dessoix S (eds) Proceedings of the 2004 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp 455–466
- Chen M, Ebert D, Hagen H, Laramée RS, van Liere R, Ma K, Ribarsky W, Scheuermann G, Silver D (2009) Data, Information, and Knowledge in Visualization. IEEE Comput. Graph. Appl. 29(1):12–19. doi: 10.1109/MCG.2009.6
- Fayyad UM, Piatetsky-Shapiro G, Smyth P (1996) From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. AI Magazine 17:37–54
- Feldkamp N, Bergmann S, Strassburger S (2015a) Knowledge Discovery in Manufacturing Simulations. In: Proceedings of the 2015 ACM SIGSIM PADS Conference, pp 3–12
- Feldkamp N, Bergmann S, Strassburger S (2015b) Visual Analytics of Manufacturing Simulation Data. In: Yilmaz L, Chan WKV, Moon I, Roeder TMK, Macal C, Rossetti MD (eds) Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, pp 779–790
- Han J, Kamber M, Pei J (2012) Data Mining Concepts and Techniques, 3. ed. The Morgan Kaufmann series in data management systems. Elsevier/Morgan Kaufmann, Amsterdam
- Hernandez AS, Lucas TW, Carlyle M (2012) Constructing Nearly Orthogonal Latin Hypercubes for Any Nonsaturated Run-Variable Combination. ACM Trans. Model. Comput. Simul. 22(4):1–17
- Horne GE, Meyer TE (2005) Data Farming: Discovering Surprise. In: Winter Simulation Conference, 2005, pp 1082–1087

- Keim DA (2002) Information Visualization and Visual Data Mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 8(1):1–8. doi: 10.1109/2945.981847
- Keim DA, Mansmann F, Schneidewind J, Thomas J, Ziegler H (2008) Visual Analytics: Scope and Challenges. In: Simoff S, Boehlen MH, Mazeika A (eds) *Visual Data Mining: Theory, Techniques and Tools for Visual Analytics*. Springer
- Kleijnen JP, Sanchez SM, Lucas TW, Cioppa TM (2005) State-of-the-Art Review: A User's Guide to the Brave New World of Designing Simulation Experiments. *INFORMS Journal on Computing* 17(3):263–289
- Krückhans B, Meier H (2013) Industrie 4.0 – Handlungsfelder der Digitalen Fabrik zur Optimierung der Ressourceneffizienz in der Produktion. In: Dangelmaier W, Laroque C, Klaas A (eds) *Proceeding der 15. ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik 2013: Entscheidungsunterstützung von der Planung bis zur Steuerung*. Heinz-Nixdorf-Inst. Univ. Paderborn, Paderborn, pp 31–40
- Law AM (2014) *Simulation Modeling and Analysis*, 5th edn. McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science. McGraw Hill Book Co, New York, N.Y.
- März L, Krug W, Rose O, Weigert G (eds) (2011) *Simulation und Optimierung in Produktion und Logistic: Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen*. VDI-Buch. Springer, Heidelberg
- MongoDB Inc. (2010) Why Schemaless? <http://blog.mongodb.org/post/119945109/why-schemaless>. Accessed 10 February 2015
- Plattform Industrie 4.0 (2015) Industrie 4.0 - Whitepaper FuE Themen. <http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/I40%20Whitepaper%20FuE%20Version%202015.pdf>. Accessed 29 July 2015
- Sanchez SM (2007) Work Smarter, Not Harder: Guidelines for Designing Simulation Experiments. In: Henderson SG, Biller B, Hsieh M, Shortle J, Tew JD, Barton RR (eds) *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference: December 9 - 12, 2007, Washington, DC, U.S.A.* IEEE, Piscataway, N.J., pp 84–94
- Sanchez SM (2014) Simulation Experiments: Better Data, Not Just Big Data. In: Tolk A, Diallo SD, Ryzhov IO, Yilmaz L, Buckley S, Miller JA (eds) *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*, pp 805–816
- Thomas JJ, Cook KA (2005) *Illuminating the Path: Research and Development Agenda for Visual Analytics*. IEEE Computer Society, Los Alamitos, California
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (2013) DKE Normungs-Roadmap - die deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0. [http://www.dke.de/de/std/informationssicherheit/documents/nr\\_industrie%20%204.0\\_de\\_version%201.0.pdf](http://www.dke.de/de/std/informationssicherheit/documents/nr_industrie%20%204.0_de_version%201.0.pdf). Accessed 29 July 2015
- Wenzel S (1998) *Verbesserung der Informationsgestaltung in der Simulationstechnik unter Nutzung autonomer Visualisierungswerkzeuge*. Unternehmenslogistik. Verl. Praxiswissen, Dortmund
- Wong PC, Shen H, Johnson CR, Chen C, Ross RB (2012) The Top 10 Challenges in Extreme-Scale Visual Analytics. *IEEE Comput. Grap. Appl.* 32(4):63–67. doi: 10.1109/MCG.2012.87
- Ye KQ (1998) Orthogonal Column Latin Hypercubes and Their Application in Computer Experiments. *Journal of the American Statistical Association* 93(444):1430–1439. doi: 10.2307/2670057



# **Partikel- oder Wellensimulation?**

## **Zwei Ansätze zur Indoor-Lokalisierung auf Basis passiver RFID-Technik**

**Benjamin Hatscher<sup>1</sup> und Michael A. Herzog<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Hochschule Magdeburg-Stendal, Forschungsgruppe SPiRiT

### **Abstract**

Immer mehr in Industrie 4.0 genutzte Komponenten benötigen Echtzeitfähigkeit der Kommunikation zwischen Systemen, zwischen Mensch und Maschine. Ein ständiger Überblick realer Gegebenheiten im digitalen Modell ist häufig angestrebtes Ziel. Heutige Systeme zur Lokalisierung in Innenräumen sind wirtschaftlich oft unerreichbar. Experimente an einem neuen System zur Innenraumortung zeigen, dass durch die Kombination eines RFID-Systems mit einer Simulation der realen Umstände eine erhöhte Genauigkeit erreicht wird. Das System basiert auf passiver RFID-Technologie, deren Antennen und Ausbreitungsverhalten Gegenstand der Simulation sind. Für diesen Beitrag wurden zwei Simulationsansätze auf ihre Tauglichkeit untersucht: Eine Partikelbasierte und eine Ray-Tracing Simulation der Radiowellen. Aus der Evaluation wird aus technologischer wie wirtschaftlicher Perspektive deutlich, dass sich der partikelbasierte Ansatz eher für einen Anwendungskontext eignet, der hohe Anschaulichkeit und Rückverfolgbarkeit benötigt, z.B. in einem Site Survey Werkzeug. Der strahlenbasierte Ansatz hingegen eignet sich eher für hoch skalierbare Echtzeit-Szenarien, wie etwa die simulations-unterstützte Ortsbestimmung.

## **1 Anforderungen an Lokalisierungssysteme in der digitalen Fabrik**

Industrie 4.0 bedient sich der Vernetzung von Datenbeständen autonomer oder teilautonomer Systeme. Cyber-Physikalische Systeme (CPS) bilden dabei das Rückrat dieses selbstorganisierenden Netzwerkes. „CPS ermitteln dabei zulässige Szenarien, vergleichen und bewerten sie nach vorgegebenen Optimierungskriterien und entscheiden dann über die bestmöglichen Kombinationen“ (Russwurm 2013, S.31). Akteure dabei sind Maschinen, Lagersysteme, Betriebsmittel und das Produkt selbst.

Im Hinblick auf das Konzept des CPS, welches die reale und virtuelle Welt verknüpft, wird deutlich, welche Rolle Positionsdaten im vernetzten Produktionsprozess spielen. Ein Beispiel dafür ist die Steuerung Fahrerloser Transportsysteme (FTS). Heute in der Industrie eingesetzte FTS navigieren nach den Verfahren der Liniennavigation, Rasternavigation oder Lasernavigation. Diese benötigen

eigens installierte Infrastrukturen und verursachen damit hohen Installations- und Integrationsaufwand (Bauernhansl et al. 2014). Eingriffe in diese definierten Korridore, in Form von Personen oder Gegenständen im Raum, verhindern oder verzögern die reibungslose Funktionsweise, da sie im Steuerungsmodell nicht repräsentiert sind. Dies offenbart eine Lücke, die für eine erfolgreiche Verbindung der realen und virtuellen Umgebungen geschlossen werden muss: Mitarbeiter und Arbeitsgerät werden hier zu Teilnehmern, deren Positionen dem CPS zur Verfügung stehen muss, um im Interaktionsnetzwerk berücksichtigt zu werden und eine sinnvolle Planung zu ermöglichen.

### **1.1 Innenraumlokalisierung in der Industrie**

Die Notwendigkeit solch übergreifender Systeme zur Innenraumlokalisierung wird deutlich, wenn man die Entwicklungen in der Logistikbranche betrachtet: FTS-Systeme erwarten demnächst ein dynamisches Routing (Bauernhansl et al. 2014), aber auch von Menschen bediente Geräte sollen nach Möglichkeiten lokalisiert (Hohenstein et al. 2014) oder selbst zur Identifizierung von Objekten herangezogen werden (Overmeyer and Jungk 2007). Dabei kommen unterschiedlichste Technologien zum Einsatz, die sich unter Umständen stören und in der Funktionsweise beeinträchtigen (Auer and Staehle 2014). Anlagen der Industrie 4.0 müssen als dynamischer Raum begriffen werden, angefüllt mit im freien Raum agierenden Objekten, von denen nur ein Teil selbst mit Sensoren zur Erfassung der Umgebung bestückt werden kann.

Ein Lösungsansatz hierfür bildet die Anknüpfung an etablierte Technologien. Innovationen auf Basis bestehender Infrastruktur vermeiden nicht nur einen Technologiemix, sondern erleichtern auch aus ökonomischer Sicht den Schritt zur Industrie 4.0 und ermöglicht damit einem breiteren Spektrum an Unternehmen Zugang.

### **1.2 Mensch-Maschine-Kommunikation**

Die Anforderung nach einem umfassenden, konsistenten Datenerhebungssystem als Grundlage der intelligenten Fabrik allein kann jedoch nicht als Ziel betrachtet werden. Eine nahtlose Informationsvermittlung zwischen System und Bediener ist in der Industrie 4.0 essentiell. Die Funktion des Menschen verschiebt sich hin zu Planungs- und Überwachungsaufgaben. Zudem steht er als kreativer Problemlöser als letzte Instanz zur Verfügung (Gorecky et al. 2014).

Selbst ohne direkte Interaktion kann die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschinenetzwerk daher nur gelingen, wenn ein Verständnis der Systematiken durch transparente Abläufe hergestellt wird (Schlick et al. 2012). Vor diesem Hintergrund nehmen Innovationen aus der Unterhaltungsindustrie eine tragende Rolle ein. Augmented-Reality (AR) Systeme, die virtuelle Informationen für die Realität legen, finden seit einigen Jahren Einzug in den industriellen Kontext, etwa zur Montageanleitung oder als Lokalisierungshilfe (Low and Lee 2015; Radkowski 2015; Syberfeldt et al. 2015; Wang et al. 2013; Radkowski and Stritzke 2012). Der Informationsfluss eines intelligenten Industriesystems hingegen beinhaltet ungleich mehr Informationen und kann trotzdem im Sichtfeld eines Bedieners leicht verständlich aufbereitet werden, ohne diesen an einen Bildschirmarbeitsplatz zu fesseln.

## **2 Existierende Ortungsverfahren**

Bisherige Lokalisierungsansätze können diese Anforderungen nicht erfüllen. Entwickelt wurden diese Verfahren basierend auf einer konsistenten Umgebung, welche als Kalibrationsgrundlage dient (Adib and Katabi 2013). Algorithmen errechnen Objektpositionen aus dem Delta zur

Nullstellung. Veränderungen der Umgebung wirken sich hierbei fatal auf die zu erwartenden Ergebnisse aus. Zudem sind solche Systeme anfällig für Interferenzen durch andere Signalquellen, die im industriellen Umfeld der Zukunft zu erwarten sind (Auer and Staehle 2014). Als Weiterentwicklung kommen Marker mit bekannter Position zum Einsatz (Guerrieri et al. 2006; Ni et al. 2004; Brchan et al. 2012). Diese Marker werden herangezogen, um die Position unbekannter Tags relativ zu den Markerpositionen errechnen. Störungen lassen sich hierdurch erkennen und teilweise eliminieren, wenn Positionen der Marker nicht mehr den zu erwartenden Positionen entsprechen. Dies erfordert jedoch ein sehr dichtes Netz an Markern, um eine signifikante Robustheit zu gewährleisten (Shiraishi et al. 2008). Zudem lässt sich nicht immer zweifelsfrei beurteilen, ob Einflüsse tatsächlich auf Marker und Zielobjekt wirken, oder ausschließlich den Marker beeinflussen.

Ökonomisch betrachtet ist kostengünstige oder bereits vorhandene Infrastruktur zu nutzen. Hardwareintensive Verfahren auf Basis von Smartphones, wie die Lokalisierung mittels 3G UMTS-Netzen (Brassil et al. 2014), sichtbarem Licht (Ye-Sheng et al. 2014), iBeacons (Newman 2014) oder der Kombination interner Sensorendaten (Moder et al. 2014) kommen bei wirtschaftlicher Betrachtung oft nicht infrage. Auch Verfahren, die auf angenommenen Verhaltensmustern basieren, lassen sich oft schwer anwenden (Harle 2013). Durch ihre hohe Verbreitung und die Kostenaspekte ist die Untersuchung der RFID-Technologie für Lokalisierungszwecke lohnenswert. Hierbei ist nach aktiver und passiver Funktionsweise der RFID-Etiketten (Tags) zu unterscheiden. Passive Tags besitzen keine eigene Spannungsversorgung und sind daher vom Signal des Leseegeräts, von welchem sie angeregt werden, abhängig. Aktive Tags werden durch eine eigene Spannungsquelle versorgt.

Bisher genutzte Verfahren stützen sich meist auf aktive RFID-Technologie, da sich hierbei leichter große Signalreichweiten realisieren lassen. Vor allem passive RFID-Technologie ist inzwischen im Logistiksektor extrem weit verbreitet und würde daher eine bereits existierende Infrastruktur auf Produktseite für die erforderlichen Lokalisierungslösungen bieten. Die Ortung passiver Tags ist jedoch bisher nur mit Einsatz einer Vielzahl von Sendeantennen zur Energieversorgung der Tags machbar (Roberti 2011).

Somit wird deutlich, dass bestehende Lösungen den Anforderungen eines dynamischen Umfeldes kaum gerecht werden noch den technischen Aufwand in einem ökonomischen Rahmen halten können.

### **3 Passive RFID-Ortung mit Simulationsunterstützung**

Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Innenraum-Lokalisierungssystems auf Basis passiver RFID-Technologie. Das prototypische System liefert in dynamischen Umgebungen ohne feste Marker verlässlichere Ergebnisse, als bisherige Lösungen. Erreicht wird dies durch die Kombination mit einer Simulationssoftware (Hatscher et al. 2015). Dabei wird die Simulation für verschiedene Anwendungsfälle genutzt:

Die Simulation erlaubt bereits eine Planung der Ortungsinfrastruktur. Hierfür werden die örtlichen Bedingungen in ein 3D-Modell übertragen. Auf Grundlage des Modells simuliert die Software unterschiedliche Konstellationen von RFID-Leseegeräten und ermittelt die daraus resultierende Raumabdeckung. Dadurch kann der Planungs- und Entscheidungsprozess im Sinne eines Site-Survey optimiert und beschleunigt werden.

Der besondere Vorteil des Systems liegt in der Interaktion der Software mit dem Lokalisierungssystem, womit nicht eindeutige Messdaten interpretiert, korrigiert, bewertet oder verworfen werden können. Dabei liegt eine den Anforderungen angepasste Physiksimulation zugrunde, die den Sachverhalt im zu überblickenden Raum in ausreichender Genauigkeit errechnet.

Anstelle korrekter Simulation physikalischer Gegebenheiten folgt das Projekt einem Minimalansatz, welcher schnelle Neuberechnungen und damit eine Anpassbarkeit des Systems an kurzfristige Veränderungen erlaubt. Zum einen muss der Mensch Änderungen der Umgebung jederzeit in die Simulation integrieren können, zum anderen finden dynamische Veränderungen durch das Verhalten der Akteure statt. Dies schließt langwierige, rechenintensive Modelle wie die Finite-Elemente-Methode aus (Jin 2014). Stattdessen muss das Minimum an Genauigkeit zugunsten niedriger Latenz angestrebt werden. Die Grundlage der Simulation bildet eine Game-Engine. Der Fokus auf Echtzeitfähigkeit ist hier inhärent, ebenso wie die Interaktion des Menschen und virtueller Akteure.

Gegenstand der hier vorgestellten Forschung ist die Implementierung einer Wellenphysik zur Darstellung eines RFID-basierten Lokalisierungssystems. Um sich dem Problem mit unterschiedlichen Schwerpunkten zu nähern, wurden zwei Ansätze untersucht: Ein auf Ray-Tracing basierender Ansatz sowie ein Partikelbasierter. Die Anwendbarkeit von Ray-Tracing zur Simulation von UHF-RFID-Umgebungen wurde prinzipiell bereits 2010 nachgewiesen (Bosselmann 2010) und konnte im Projekt bestätigt werden.

### **3.1 Design-basierte Forschungsmethodik**

Die Zielstellung des Projektes ist ein interaktives System, mittels Gegenüberstellung von gemessenen und simulierten Positionsdaten. Die Vielzahl der Lokalisierungs- und Simulationsansätze, als auch die unterschiedlichen Anforderungen potentieller Anwendungsumgebungen erfordert ein iteratives Vorgehen, in dem die Forschungsergebnisse dokumentiert und in den folgenden Durchgängen mit einbezogen werden. Mit diesem Vorgehen orientiert sich das Projekt am Design Science Research Paradigma (Venable 2010). Nach einer grundsätzlichen Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur Technologiekombination wurden verschiedene Simulationsmethoden untersucht und für den Prototyp zwei favorisierte Ansätze nebeneinander entwickelt. Die Evaluation zeigt die Vor- und Nachteile beider Ansätze für exemplarische Anwendungslösungen auf.

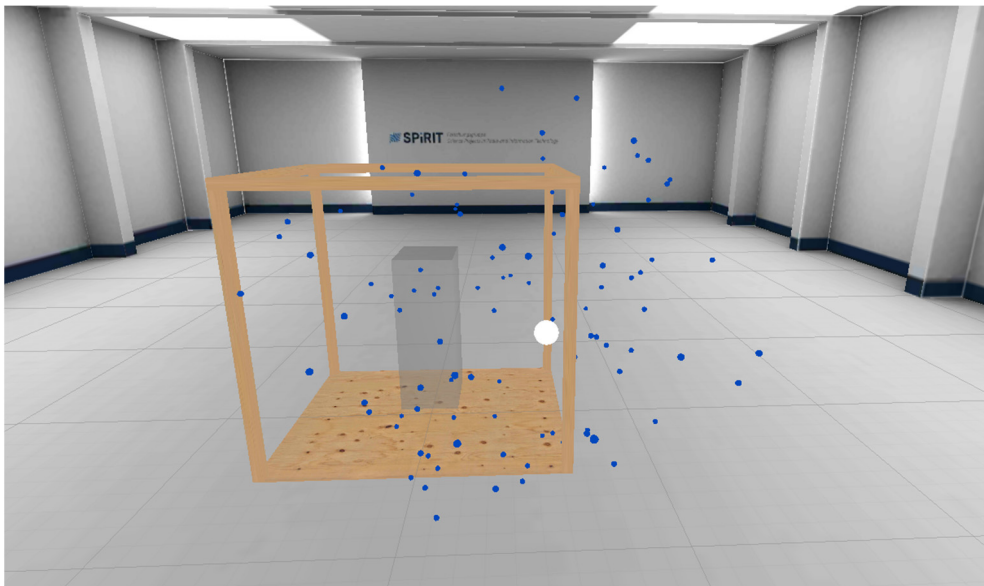
## **4 Simulation**

### **4.1 Anforderungen**

Im Kontext eines Lokalisierungssystems lassen sich die Anforderungen an eine unterstützende Simulation wie folgt zusammenfassen: Umgebungsstrukturen müssen mit all ihren relevanten Eigenschaften abgebildet werden. Ortsveränderliche Objekte wie Transportsysteme, Menschen oder Material müssen abgebildet und bei laufender Simulation bewegt werden können.

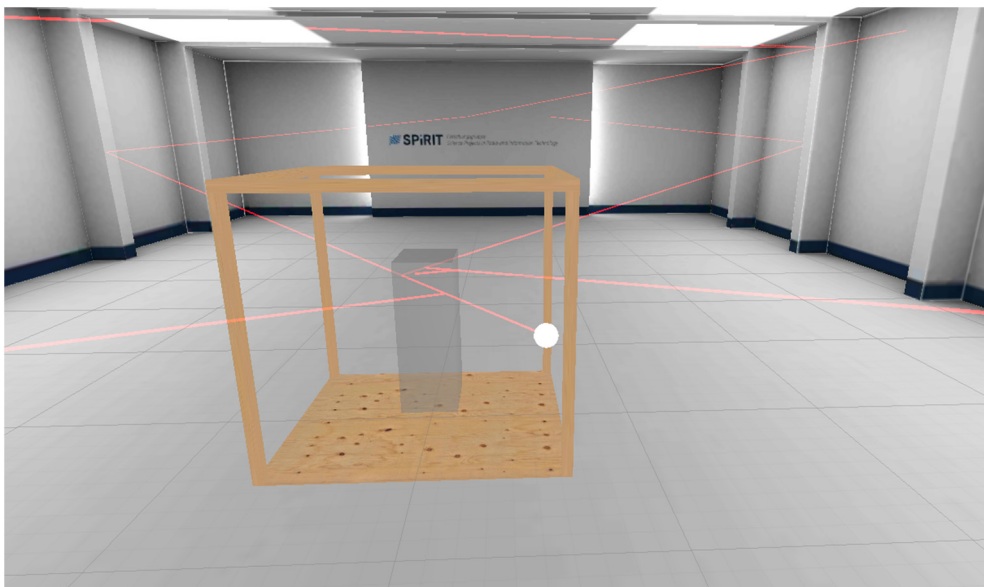
### **4.2 Simulationsansätze**

Zur Simulation des RFID-Lokalisierungsverfahrens muss das Verhalten elektromagnetischer Wellen nachgeahmt werden. Dies lässt sich sowohl als Strahlen als auch mittels Partikeln darstellen, wobei jeder Ansatz Vor- und Nachteile mit sich bringt.



**Bild 1: Partikel in der Simulationsumgebung**

Die Darstellung elektromagnetischer Strahlung als **Partikel** (Bild 1) beachtet die zeitliche Komponente der Wellenausbreitung. Die Strahlungsquelle stellt hierbei die Quelle aller Partikel dar, deren Bewegung durch den Raum die Ausbreitung einer Welle in dieser Richtung simuliert. Dem Partikel eingeschrieben sind dabei weitere Informationen wie Richtung, Phase, Energie, und Ausbreitungsgeschwindigkeit, welche durch Wechsel des Mediums bzw. Reflexion beeinflusst werden.



**Bild 2: Ray-Tracing mit Reflexion und Transmission am Testkörper**

Elektromagnetische Wellen als **Strahl** begriffen (Bild 2), stellen ebenfalls die Ausbreitung in der Richtung des Strahls dar. Im Gegensatz zu Partikeln arbeitet dieser **Ray-Tracing** Ansatz nicht zeitbasiert, d.h. alle zeitlich beeinflussten Effekte müssen zum Zeitpunkt der Strahlerstellung

berechnet werden. Die beiden Ansätze werden im Folgenden gegenübergestellt und deren Eignung für die Anwendung zur Simulation eines RFID-Lokalisierungsszenarios evaluiert.

### 4.3 Game-Engine-basierter Prototyp

Um den Entwicklungsaufwand zu reduzieren, wurden verfügbare Game-Engines auf ihren Funktionsumfang und ihre Erweiterbarkeit hin überprüft. Ein Großteil der benötigten Strukturen wird dadurch bereits abgedeckt. Game-Engines als Simulationswerkzeug kommen inzwischen in unterschiedlichsten Disziplinen zum Einsatz (Fürst et al. 2014; Yi et al. 2014; Xu et al. 2014). Der Einsatz von Game-Engines verringert den Einrichtungsaufwand signifikant. Das Grundgerüst bildet der reguläre Funktionsumfang der Software: Die Game-Engine als Laufzeitumgebung sowie ein Software-Development-Kit, bestehend aus einem Leveleditor, Material- und Modellverwaltung sowie einer integrierten Entwicklungsumgebung (Unity Technologies). Mittels 3D-Software erfolgt die Generierung vereinfachter Modelle realer Objekte. Datengrundlage hierfür können unter anderem 3D-Scans oder Blaupausen sein (Henry et al. 2010).



**Bild 3: 3D-Modell der Testumgebung**

Bereits als erweiterbare Systeme angelegt, erlauben Game-Engines die Einbindung eigener Skripte als auch die Erweiterung bestehender Funktionen. Dies bildet den Ausgangspunkt der nachfolgend beschriebenen Implementierung einer Ausbreitungssimulation elektromagnetischer Strahlung im Frequenzbereich von 868 MHz, wie sie unter anderem in der RFID-Technologie Anwendung findet. Sendeantennen werden als Signalquelle dargestellt. Hierbei erfolgt die Abstrahlung nach einem theoretisch angenommenen oder vermessenen Muster: der Antennencharakteristik. Desweiteren besitzen Materialien elektromagnetische Eigenschaften, die Transmission und Reflexion beeinflussen. Als Shader-Eigenschaften sind diese in der Simulation abgebildet und werden zur Laufzeit herangezogen, um Strahlen oder Partikel korrekt zu brechen.

Zur Unterstützung des Lokalisierungssystems waren die verwendeten Verfahren nachzubilden. Es steht eine Reihe möglicher und im Projekt implementierter Ansätze zur Lokalisierung zur

Verfügung (Friedewald et al. 2013). Nach der Untersuchung von Mehrantennensystemen zur Erfassung von RSSI-Werten (Friedewald and Ziehm 2014), wird von einer Kombination aus Feldstärke-basierten Verfahren (RSSI) und der Auswertung von Unterschieden in der Signallaufzeit (TdoA) ausgegangen.

## 5 Gegenüberstellung der Simulationsansätze

### 5.1 Kriterienvergleich

Nach Umsetzung der beiden Konzepte Partikel- und Strahlenansatz konnten diese in Tabelle 1 im direkten Vergleich anhand von sechs wesentlichen Faktoren bewertet werden.

Die **Skalierbarkeit** beschreibt das Verhalten der Simulationen in unterschiedlich großen Szenarien. Dabei steht insbesondere der Bedarf an Ressourcen wie Speicherplatz und Rechenleistung als limitierender Faktor im Zentrum des Interesses. Der **Lastzuwachs** charakterisiert das Verhalten bei gleichbleibendem Szenario und unterschiedlichen Simulationsgenauigkeiten. Mit dem Kriterium der **Nachvollziehbarkeit / Anschaulichkeit** wird die Verständlichkeit/Plausibilität der errechneten Ergebnisse adressiert. Die **Feldstärkendarstellung** bezieht sich auf die Visualisierung und Erfassung der Feldstärke im laufenden Betrieb. Mit der **Rückverfolgbarkeit** wird die Möglichkeit der Rekonstruktion ausgehend vom georteten Objekt beschrieben.

	Partikelansatz	Ray-Tracing Ansatz
Skalierbarkeit	Bedingt skalierbar (Rechenleistung steigt exponentiell mit Raumgröße)	Gut skalierbar (Rechenleistung steigt linear mit Raumgröße)
Lastzuwachs	Exponentielles Rechenleistungswachstum	Lineares Rechenleistungswachstum
Genauigkeit	Sehr hohe Genauigkeit	Hohe Genauigkeit
Nachvollziehbarkeit / Anschaulichkeit	Sofort ohne Vorkenntnisse nachvollziehbar	Mit Vorkenntnissen nachvollziehbar
Feldstärkendarstellung	Erst nach Datenaufbereitung möglich	Sofort möglich
Rückverfolgbarkeit	Unterstützt	Nicht unterstützt

**Tabelle 1: Vergleich der Simulationsansätze**

Aus dieser Gegenüberstellung und den Erfahrungen mit den Simulationsszenarien ließen sich folgende Stärken und Schwächen evaluieren.

### 5.2 Partikelansatz

Als Vorteil dieses Simulationsansatzes ergibt sich die höhere Genauigkeit, die besonders bei größeren Entfernungen vom Objekt für die Beurteilung bzw. Lokalisationsberechnungen von Bedeutung ist. Zudem ist dieser Ansatz sofort auch ohne Vorkenntnisse vom Nutzer nachvollziehbar, was eine hohe Anschaulichkeit bewirkt. Auch wird eine Rückverfolgung des Ortungsweges unterstützt.

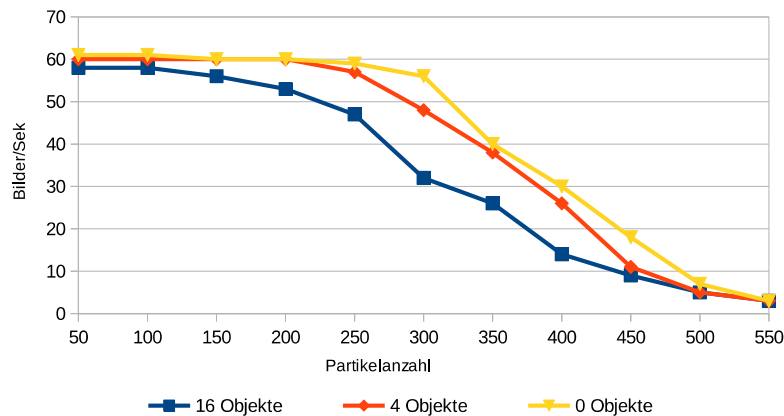
Als nachteilig bzw. einschränkend wirken die Umstände, dass der Partikelansatz in großen Räumen nur bedingt skalierbar ist, da die benötigte Rechenleistung zu schnell wächst. In diesem Fall werden für die sehr rechenintensive Vorgehensweise leistungsstarke Rechner benötigt. Auch muss der Ansatz als eher ungeeignet für eine Feldstärkendarstellung im Interface bewertet werden.

### 5.3 Strahlenansatz

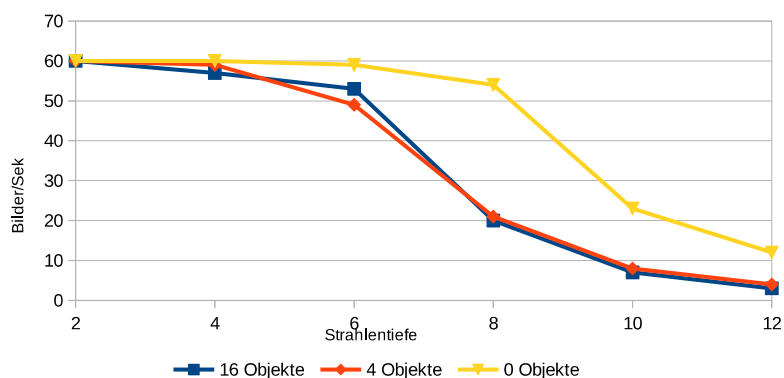
Die Vorteile der Strahlensimulation liegen in der sehr guten Skalierbarkeit auf größere Räume, die auch auf leistungsschwachen Rechnern durchführbar ist, der hohen Anschaulichkeit und der Unterstützung einer Feldstärkendarstellung. Nachteilig hingegen lassen sich die geringere Genauigkeit als beim Partikelansatz und die eingeschränkte Nachvollziehbarkeit werten, die sich etwa durch die Unmöglichkeit der Rückverfolgung des Ortungsweges zeigt.

### 5.4 Leistungsvergleich bei Szenarien unterschiedlicher Komplexität

Beide Simulationsansätze wurden in einer Messreihe auf ihr Verhalten in Szenarien unterschiedlicher Komplexität hin getestet. Hierfür entstanden drei virtuelle Räume, in denen jeweils 0, 4 und 16 Störkörper um eine virtuelle Antenne angeordnet wurden. Erfasst wurde die minimale Bildrate (Bilder pro Sekunde) während der laufenden Simulation, um die Belastung der Game-Engine zu messen. Der partikelbasierte Ansatz wurde auf die Auswirkung steigender Partikelzahl in den drei Räumen untersucht (Bild 4).



**Bild 4: Partikelansatz: Performance unter Einfluss von Störobjekten**



**Bild 5: Ray Tracing Ansatz: Performance unter Einfluss von Störobjekten**

Beim Ray Tracing-basierten Ansatz wurde der Effekt steigender Strahlentiefe betrachtet, wobei die Anzahl der rekursiv erzeugten Strahlen bei Reflexionen/Transmissionen an Materialübergängen gemessen wurde (Bild 5).



## 6 Konklusion

Beide Ansätze sind Aufgrund ihrer geringen Latenzzeit praktisch anwendbar. Jedoch lassen sich im Vergleich unterschiedliche potentielle Anwendungsfälle ableiten, für welche die beiden Simulationsansätze geeignet sind.

### 6.1 Anwendungsfall 1: Planung des Lokalisierungssystems

Bei der Planung der Installation werden sehr genaue Daten über das Ortungsverhalten der RFID Anlagen benötigt. In diesem Punkt ist der Partikelansatz vorzuziehen. Hier spielt die Problematik der erhöhten Laufzeit keine Rolle, da noch keine Interaktion mit dem Lokalisierungssystem bewältigt werden muss. Auch bei der Gegenüberstellung unterschiedlicher Installationsvarianten steht die zeitliche Komponente im Hintergrund. Zudem steht in der Planungsphase eine hohe Realitätsnähe im Vordergrund, um eine höchstmögliche Lokalisierungsgenauigkeit zu ermitteln.

Durch die unterstützte Funktion den Ortungsweg zurückzuverfolgen, wird es durch dieses Verfahren möglich, eine optimale (minimale) Abdeckung von zu installierenden Sendern zu finden, um die Installation so wirtschaftlich und kosteneffizient wie möglich zu gestalten.

Des Weiteren wird eine hohe Anschaulichkeit benötigt, um auch ohne Vorkenntnisse der Ausbreitungsmechanismen das Ortungsverfahren nachzuvollziehen zu können und ggf. auf Plausibilität zu prüfen. Eine partikelbasierte Simulation lässt sich zeitlich steuern, um die Ausbreitungsentwicklung in komplexen Bereichen zu visualisieren. Dieser Ansatz ist daher besonders für die Planungs- und Evaluationsphase geeignet.

### 6.2 Anwendungsfall 2: Lokalisationsbetrieb

Im direkten Betrieb ist es sehr wichtig, dass die Simulation auch auf sehr große Räume skalierbar bleibt und keine Leistungseinbrüche aufweist. Durch die Berechnung auf Strahlenbasis lassen sich Veränderungen im simulierten Raum zudem realisieren, ohne die Ausbreitungssimulation zurück zu setzen, da bereits beim nächsten simulierten Strahl die aktuellen Verhältnisse beachtet werden. Partikel hingegen behalten ihre Flugbahn auch bei, wenn Objekte die zu dieser Bahn beitrugen, bereits verschwunden sind. In Zusammenspiel mit einem Lokalisierungssystem ist dieser Ansatz in der Lage, auf Grundlage von Messdaten einzelne Punkte im Raum als mögliche Positionen effizient zu evaluieren. Dies wird benötigt, um die besprochene Unterstützung der Lokalisierung zu realisieren. Diese Eigenschaften sorgen dafür, dass sich der Strahlenansatz besonders für den direkten Betrieb im Verbund aus Lokalisierungssystem und Simulationsumgebung eignet.

*Danksagung:*

Die diesem Artikel zugrunde liegende Forschung und Entwicklung wurde im Projekt ROSI-3D aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Programm FHprofUnt gefördert. Unserem studentischen Mitarbeiter Stefan Möller danken wir für die Programmierung des Raytracing-Ansatzes der Antennensimulation.

## 7 Literatur

Adib F, Katabi D (2013) See through walls with WiFi! In: Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM. ACM, pp 75–86

- Auer A, Staehle B (2014) Evolution der drahtlosen Industriekommunikation-Herausforderungen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Jahreskolloquium Kommunikation in der Automation
- Bauernhansl T, Hompel M ten, Vogel-Heuser B (2014) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung· Technologien· Migration. Springer-Verlag
- Bosselmann P (2010) Systemprojektierung und Bewertung von RFID-Anwendungen mit Hilfe von Ray Tracing. RWTH Aachen
- Brassil J, Pearson C, Fuller L (2014) Indoor Positioning with an Enterprise Radio Access Network. *Procedia Computer Science* 34, pp 313–322
- Brehan JL, Lianlin Zhao, Jiaqing Wu, Williams RE, Perez LC (2012) A real-time RFID localization experiment using propagation models. In: *Intl. Conference on RFID*, pp 141–148
- Friedewald O, Papenbroock J, Herzog MA (2013) Analysis of the Radio Propagation model at RFID Applications. In: *Proceedings of 2013 European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies (SmartSysTech)*. VDE, pp 1–4
- Friedewald O, Ziehm C (2014) Bestimmung eines Objektes bei Mehrantennensystemen. In: Sieck J (ed) *Wireless Communication and Information: Digitale Gesellschaft*, Hülsbusch, Glückstadt
- Fürst J, Fierro G, Bonnet P, Culler DE (2014) BUSICO 3D: building simulation and control in unity 3D. In: *Proc. of 12th ACM Conf on Embedded Network Sensor Systems*, pp 326–327
- Gorecky D, Schmitt M, Loskyll M (2014) Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer, pp 525–542
- Guerrieri JR, Francis MH, Wilson PF, Kos T, Miller LE, Bryner NP, Stroup DW, Klein-Berndt L (2006) RFID-assisted indoor localization and communication for first responders. In: *First European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2006)*, IEEE, pp 1–6
- Harle R (2013) A survey of indoor inertial positioning systems for pedestrians. *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE 15(3) pp 1281–1293
- Hatscher B, Herzog MA, Friedewald O (2015) A game engine based 3D-simulation to support RFID locating in consideration of mobile objects in a radio field. In: *International Conference and Workshops on Networked Systems (NetSys)*
- Henry P, Krainin M, Herbst E, Ren X, Fox D (2010) RGB-D mapping: Using depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments. In: *12th Intl. Symposium on Experimental Robotics (ISER)*
- Hohenstein F, Jung M, Günthner WA (2014) „Das Staplerauge “–Vision und Wirklichkeit. *Hebezeuge Fördermittel*(4) pp 188–191
- Jin, J. M. (2014). *The finite element method in electromagnetics*. John Wiley & Sons.
- Low CG, Lee Y (2015) A Better User Experience in Mobile Indoor Navigation System using Augmented Reality. *Advanced Science and Technology Letters*. Vol. 99 (ITCS 2015), pp 137–140
- Moder T, Hafner P, Wisiol K, Wieser M (2014) 3D Indoor Positioning with Pedestrian Dead Reckoning and Activity Recognition Based on Bayes Filtering. In: *30th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*

- Newman N (2014) Apple ibeacon technology briefing. *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice* 15(3), pp 222–225
- Ni LM, Liu Y, Lau YC, Patil AP (2004) LANDMARC: indoor location sensing using active RFID. *Wireless networks* 10(6), pp 701–710
- Overmeyer IL, Jungk A (2007) Der Stapler als RFID-gestütztes, mobiles Gate in der Intralogistik
- Radkowski R, Stritzke C (2012) Interactive hand gesture-based assembly for augmented reality applications. In: *The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. Citeseer, pp 303–308
- Radkowski R (2015) Investigation of Visual Features for Augmented Reality Assembly Assistance. In: *Virtual, Augmented and Mixed Reality*. Springer, pp 488–498
- Roberti M (2011) Mojix takes passive UHF RFID to a new level. <http://www.mojix.com/news/2008/rfidjournal1-24410641.pdf>
- Russwurm S (2013) Software: Die Zukunft der Industrie. In: Sendler U (ed) *Industrie 4.0*. Springer, pp 21–36
- Schlick J, Stephan P, Zühlke D (2012) Produktion 2020–Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *Information Management & Consulting* 27 (3), S. 26-34
- Shiraishi T, Komuro N, Ueda H, Kasai H, Tsuboi T (2008) Indoor location estimation technique using UHF band RFID. In: *International Conference on Information Networking (ICOIN 2008)*, IEEE, pp 1–5
- Syberfeldt A, Danielsson O, Holm M, Wang L (2015) Visual Assembling Guidance Using Augmented Reality. In: *43rd Proceedings of the North American Manufacturing Research Conference*, pp 1–12
- Unity Technologies Unity 5 engine overview: The full lowdown all the features available now in Unity 5. <http://unity3d.com/unity/engine-features>. Accessed 24 September 2015
- Venable JR (2010) Design science research post hevner et al.: criteria, standards, guidelines, and expectations. In: *Global Perspectives on Design Science Research*. Springer, pp 109–123
- Wang ZB, Ong SK, Nee AY (2013) Augmented reality aided interactive manual assembly design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 69(5-8), pp 1311–1321
- Xu Y, Kim E, Lee K, Ki J, Lee B (2014) Using PhysX Simulation Fire Model of Backdraft in Unity 3D Game Engine. *International Journal of Multimedia & Ubiquitous Engineering* 9(6), pp 243–252
- Ye-Sheng K, Pat P, Ko-Jen H, Prabal D (2014) Luxapose: Indoor positioning with mobile phones and visible light. In: *Proceedings of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking*, ACM, pp 447–458
- Yi S, Guiyang L, Jinming L (2014) Virtual Simulation for Fertilizer Applicator Based on Unity3D. *Journal of Agricultural Mechanization Research* 7, p 16



# Ein Verfahren zur simulationsgestützten Optimierung von Einrichtungsparametern an Werkzeugmaschinen in Cloud-Umgebungen

Christoph Laroque<sup>1</sup>, Jens Weber<sup>2</sup>, Raphael-Elias Reisch<sup>3</sup> und Christian Schröder<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Westsächsischen Hochschule Zwickau, Professur für Wirtschaftsinformatik,  
Christoph.Laroque@fh-zwickau.de

<sup>2</sup> Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, jens.weber@hni.uni-paderborn.de

<sup>3</sup> Fachhochschule Bielefeld, Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik,  
{raphael-elias.reisch | christian.schroeder}@fh-bielefeld.de

## Abstract

Die zunehmende Individualisierung von Produkten in Industrie 4.0-Umgebungen führt zu neuen Anforderungen an Informationssysteme zur Arbeitsvorbereitung. Insbesondere die Automatisierung von regelmäßig anfallenden Optimierungsschritten bietet die Möglichkeit, dennoch eine wirtschaftliche Produktion auf Werkzeugmaschinen zu realisieren. Die simulationsgestützte Optimierung entwickelt sich dabei zunehmend zu einem akzeptierten Ansatz zur Entscheidungsunterstützung. Für die industrielle Anwendung in dem hier zugrundeliegenden Projekt aus dem Spitzencluster „its OWL“ ist hierbei insbesondere zu bedenken, dass die Ergebnisse zeitnah zur Verfügung stehen müssen. Phasenbasierte Verfahren können, verteilt auf mehreren Ressourcen ausgeführt, zu einer drastischen Verringerung der Laufzeit führen. In diesem Beitrag wird ein solches Verfahren am Beispiel der Optimierung von Einrichtungsparametern an Werkzeugmaschinen vorgestellt, das in eine Cloud-Umgebung eingebettet ist.

## 1 Einleitung

Mit dem Trend zu Industrie 4.0 und „Smart Factory“ ändern sich die Anforderungen an die Informationssysteme für die Arbeitsvorbereitung und Produktionsplanung. Werden heute zumeist hinsichtlich optimaler Maschinenauslastung gleichartige Produkte zusammengefasst, um Rüstzeiten und Wechsel von Arbeitsvorgängen möglichst zu vermeiden, so führt in diesem Szenario die zunehmende Individualisierung der Produkte zu Produktionsaufträgen mit Losgröße 1. Diese müssen dennoch wirtschaftlich und zumeist zu einem gegebenen Kundentermin produziert und ausgeliefert werden. Das hier beschriebene Verfahren zielt auf die automatische Optimierung der Bearbeitungszeiten von Produkten auf Werkzeugmaschinen, um in einer solchen Umgebung schnell und kostengünstig für individuelle Produkte effiziente Herstellprozesse zu identifizieren.

Im Rahmen des Innovationsprojekts „Intelligente Arbeitsvorbereitung auf Basis virtueller Werkzeugmaschinen“<sup>1</sup> (InVorMa) wird dieses Ziel verfolgt, indem Verfahrenswege von NC-gesteuerten Dreh- und Fräsmaschinen durch ein automatisches Verfahren minimiert werden; hierzu werden verschiedene Einrichtungsparameter der Werkzeugmaschine variiert, simulativ getestet und im Rahmen einer simulationsgestützten Optimierung (SBO) sukzessive verbessert. Zur simulativen Bewertung konkreter Einrichtungsszenarien steht in dem Projekt eine virtuelle Werkzeugmaschine zur Verfügung, die als 1:1-Simulation einer realen Maschine betrachtet werden kann. 1:1 Simulation meint, dass die Simulation eine originalgetreue Abbildung einer echten Maschine darstellt und das Verhalten abbildet. Des Weiteren ist die Simulation mit einer echten NC-Steuerung ausgestattet, d.h. die Steuerung wird nicht simuliert. Neben der exakten Kalkulation des Abtrags ermittelt die Simulationssoftware zusätzliche Informationen, beispielsweise die Prüfung von Kollisionen innerhalb des Bauraums. Diese Exaktheit geht mit einer beträchtlichen Steigerung der Simulationskomplexität einher, wodurch die Durchführung simulationsbasierter Optimierungen (vgl. März et al. 2011) in der betrieblichen Praxis einen deutlich zu hohen Aufwand für eine Anwendung in der Praxis darstellt. Typischerweise werden hier eine hohe Anzahl an Iterationen benötigt.

Ein erster Lösungsschritt zur Minimierung der benötigten Optimierungsdauer besteht in der Einführung eines höheren Abstraktionslevels innerhalb der ersten Iterationen des simulationsbasierten Verfahrens; in InVorMa realisiert durch die Implementierung eines mathematischen Modells zur Berechnung einer NC-Bearbeitungsdauer auf Basis von Achsgeschwindigkeiten und (Werkzeug)Verfahrenswegen, das die komplexe 1:1-Simulation zunächst ersetzt und dabei einige Informationen zunächst vernachlässigt, beispielsweise die Prüfung von Kollisionen (in einer 3D-Umgebung) und Daten für eine mögliche Visualisierung. Erste Testläufe von Optimierungsheuristiken auf Basis dieses mathematischen Modells deuten auf ein befriedigendes Konvergenzverhalten für die Optimierung der Bearbeitungszeiten eines bestimmten NC-Programms hin. Da sich aus den gefunden Lösungen keine exakten Aussagen über die Validität der entsprechenden Aufspannsituationen herleiten lassen, müssen einige Lösungskandidaten in der zweiten Phase der Optimierung mittels der 1:1-Simulation auf Kollisionen untersucht werden. Dazu wird die Vorauswahl zunächst einem Clusteringverfahren unterzogen, woraufhin die Repräsentanten für die Simulation ausgewählt werden. Es folgt ein iteratives Verfahren zur sukzessiven Eliminierung von Lösungskandidaten.

Da üblicherweise mehrere Simulationen zeitlich parallel berechnet werden, stellte sich zusätzlich die Frage, auf welche Art und Weise vorhandene Rechnerressourcen in das Verfahren eingebunden werden können. Im InVorMa-Projekt wird prinzipiell das Ziel verfolgt, die Optimierungsverfahren in eine cloudbasierte Dienstleistungsplattform einzubetten, so dass keine betriebsinternen Ressourcen belastet werden müssen. In Diskussionen mit Pilotkunden und anderen Vertretern aus der Industrie ist diesbezüglich eine skeptische Grundhaltung offensichtlich geworden, weil dieser Ansatz mit der notwendigen Auslagerung sensibler Daten aus dem internen Firmennetzwerk einhergeht. Aus diesem Grund wurde geprüft, inwiefern betriebsinterne (auch heterogene) Rechnerressourcen in Form von Rechnergrids nutzbar gemacht werden können. Hierbei stehen üblicherweise deutlich weniger Ressourcen zur Verfügung.

---

<sup>1</sup> Innovationsprojekte im Spitzencluster ITS OWL – Intelligente Technische Systeme Ostwestfalen Lippe, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, vgl. [www.its-owl.de](http://www.its-owl.de)

Die Einbettung von simulationsgestützter Optimierung (SBO) in Cloudumgebungen führt zu einem substantiellen Mehrwert für den Anwender. Die Wartung und Pflege der benötigten Simulationssoftware ist häufig mit einem erheblichen Personal- und Kostenaufwand verbunden, der insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen eine Belastung darstellt. Darüber hinaus schafft die Auslagerung von Simulationen die Möglichkeit, dynamisch auf leistungsfähige Hardware zuzugreifen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass moderne Werkzeugmaschinen hohe Toleranzen berücksichtigen und durch kontinuierliche Verbesserungen in den Bereichen Aufbau, Antrieb, Werkstoffe und Leistungen der Maschinen, ein geringeres Verbesserungspotenzial durch Minimierung der Hauptzeiten bei der Produktion möglich ist bzw. viele Entwicklungsressourcen binden, ohne nennenswerte Verbesserungen zu erzielen. Daher ist es im Sinne des Innovationsgedanken sinnvoll, Optimierungspotenziale im Bereich der Nebenzeiten durch deren Reduktion zu generieren, was durch den Beitrag adressiert wird. Auch können durch die Voraboptimierung ungewollte Stauzeiten und Engpässen bei der Maschinenbelegung entgegengesetzt werden, die gerade im Rahmen der Werkzeugfertigung unter begrenzten Maschinenressourcen zum Tragen kommen können, sodass die Auslastung der einzelnen Maschinen verbessert wird. Das automatisierte Generieren von sinnvollen und nutzbaren Parametern zur Maschineneinrichtung ist eine richtungsweisende Möglichkeit, konventionelle und zeitintensive Verfahren, wie z.B. Experimentierdesigns basierend auf dem Konzept des „Design of Experiments“ (DOE, statistische Versuchsplanung) (vgl. Montgomery 2008), die auf empirisch und statistischen Modellen aufbauen, abzulösen und während der Einfahrzeit von Maschinen valide Aufspannparameter zu erhalten.

Die Gliederung des Beitrags sieht wie folgt aus: Zunächst werden bekannte Verfahren zu ähnlichen Fragestellungen vorgestellt, wobei insbesondere auf Verfahren zu einer Beschleunigung des Konvergenzverhaltens simulationsgestützter Optimierungsverfahren eingegangen wird. Im Folgenden werden detailliert die Architektur und die algorithmischen Ansätze für das System beschrieben. Anschließend werden einige ausgewählte Ergebnisse der bisherigen Forschungen repräsentiert. Es folgt ein Fazit inklusive Ausblick auf die Lösungen weiterer Fragestellungen.

## 2 Verwandte Arbeiten

Im Bereich der simulationsbasierten Optimierung (SBO) wurde im Rahmen der ASIM-Fachgruppe intensiv geforscht (vgl. März 2011), woraus der Nutzen und insbesondere der Einsatz in der Praxis deutlich werden. Auch im Bereich der Behandlung von Materialflusssimulationen wurden Forschungsbeiträge verfasst, die ein Materialflusssimulationsmodell mit der Metaheuristik Partikelschwarmoptimierung (PSO) prototypisch verknüpfen, um somit Parameter zu identifizieren (Laroque und Pater 2012). Der Beitrag von (Laroque et al. 2010) zeigt die Anwendung einer 3-Phasen-PSO, wodurch eine Verbesserung der Laufzeit des Algorithmus deutlich wird. Als Anwendungsbeispiel dient hierzu ebenfalls ein Materialflussmodell. Zur Untersuchung diverser Metaheuristiken hinsichtlich der Laufzeit, Konvergenzverhalten und Dimensionen wurde mit Hilfe einer Fitnessfunktion, die viele lokale Extrema enthält, eine umfassende Untersuchung durchgeführt sowie verschiedene Metaheuristiken untereinander verglichen. Daraus ist ersichtlich, welche Metaheuristiken für ein gut erweiterbares und individuell anwendbares Experimentierdesign hinsichtlich der simulationsgestützten Optimierung im Rahmen der virtuellen Fertigung geeignet wären, ohne dabei einen großen Implementierungsaufwand in Anspruch nehmen zu müssen (Weber et al. 2014).

Auch kann ein laufzeittechnischer Vorteil durch die Erweiterung des Partikelschwarm-Algorithmus erreicht werden bzw. allgemeiner durch geschickte Erweiterung der jeweils genutzten Metaheuristik. Zudem wird durch die nachfolgenden Beiträge verdeutlicht, dass der Fokus auf die Verstärkung der Dynamik der Verfahren, um eine Einbettung in Cloudumgebung sinnvoll umzusetzen. Der Beitrag von (Reisch et al. 2015) stellt z.B. eine asynchrone, teilasynchrone und vollsynchroner Partikelschwarmoptimierung (PSO) in parallelen und verteilten Systemen dar und vergleicht diese Systeme unter Verwendung einer Fitnessfunktion. Die schnellere Konvergenz ist dabei nicht der alleinige Vorteil, sondern es ist ebenso möglich, mittels synchroner/asynchroner PSO die Simulations- und Optimierungsläufe zu gruppieren und auf verschiedene Rechnerressourcen zu verteilen, was die Nutzung von Rechnergrids in einer cloudbasierten Multiuser-Umgebung unterstützt (vgl. Reisch et al. 2015). Dabei ist die Idee der asynchronen PSO nicht neu, was z. B. durch die Beiträge von (Hsieh und Horng 2012) und (Scriven et al. 2008) deutlich wird. Für die verbesserte Suche im gegebenen Lösungsraum, der durch den Arbeitsraum der virtuellen Maschine gegeben ist, wird in (Mueß et al. 2015) eine PSO-Erweiterung gezeigt, die auf Basis approximierter Lösungen den Suchraum mittels Cluster-Algorithmen unterteilt und im Anschluss die Koordinatenlösung ausfiltert, die potenzielle Kollisionen verursachen würden, ohne dass dabei der gesamte Arbeitsraum einer CNC-Werkzeugmaschine durchsucht werden muss. Dazu kann die Schwarmgröße etwas geringer ausfallen und Lösungen werden in kurzer Zeit ermittelt. Getestet wurde der Ansatz mit Hilfe von Szenarien in einer 2D-Aufspannumgebung, die die Konturen der Werkstücke, Hindernisse und Maschinenperipherie repräsentieren. Dazu wurde ein Standard-NC-Programm verwendet sowie ein NC-Parser, der die NC-Bearbeitungszeit sowie die potenziellen Werkzeugwege abschätzt.

### 3 Architektur und Verfahren

#### 3.1 Architektur des Gesamtsystems

Im Folgenden wird die Architektur der zugrundeliegenden Software erläutert, die in Abbildung 1 illustriert ist. Es ist zu beachten, dass es sich hierbei nur um Teilmodule einer größeren Plattform handelt (entwickelt im Rahmen des InVorMa-Projekts). Es existieren also weitere Schnittstellen, die im Rahmen dieses Beitrags keine Erwähnung finden. Als graphische Benutzeroberfläche fungiert hierbei eine Browseranwendung, in der die für eine Simulation notwendigen Daten wie NC-Programme, Rohteile, Spannmittel, Werkzeuge und Maschinen konfiguriert und übertragen werden können. Diese werden im Anschluss in eine relationale Datenbank überführt. Die Architektur sieht hierbei vor, dass jeder Nutzer der Plattform eine separate Datenbank erhält. Das kann zwar grundsätzlich zu Redundanzen und damit zu erhöhtem Speicherbedarf führen, ermöglicht aber die physikalische Trennung der Datenhaltung verschiedener Kunden. Auf diese Weise können Daten ohne größeren Mehraufwand auch betriebsintern gehalten werden und bei Bedarf auf einen ausgelagerten Server innerhalb eines Mehrnutzersystems übertragen werden. Den Kern der Architektur bilden die drei Module „Setup Optimizer“, „Simulation Scheduler“ und „Virtuelle Fertigung“. Der Setup Optimizer kapselt hierbei die Methoden, die für die eigentliche simulationsgestützte Optimierung zum Einsatz kommen. Hierzu werden aus der Datenbank Events abgefangen, die mitteilen, dass ein neuer Optimierungsauftrag auf Basis der oben beschriebenen Daten eingegangen ist. Das Modul startet daraufhin die Optimierungsprozedur und stellt eine Anfrage an den Simulation Scheduler, wie viele Simulationsressourcen für die Optimierung zur Verfügung gestellt werden können. Mit Hilfe dieser Information wählt der Setup Optimizer



Parameter für Simulationen aus, die parallel berechnet werden sollen. Das genaue Vorgehen wird in Abschnitt 3.2 beschrieben. Der Simulation Scheduler verwaltet die Simulationen innerhalb der Mehrnutzerplattform und leitet die Aufträge an die virtuelle Fertigung weiter. Dieses Modul beschreibt lediglich die Sammlung der Instanzen der 1:1-Simulationen (Werkzeugmaschinen-simulation), die verteilt auf verschiedenen Servern liegen. Hier werden die eingegangenen Aufträge simuliert, wobei der Simulation Scheduler die relevanten Ereignisse überwacht. Die Ergebnisse der Simulationen werden im Anschluss an den Setup Optimizer zurückgegeben. Je nach Ergebnis wird eine neue Optimierungsiteration gestartet oder die optimierte Aufspannsituation als Event an die Nutzerschnittstelle übergeben.

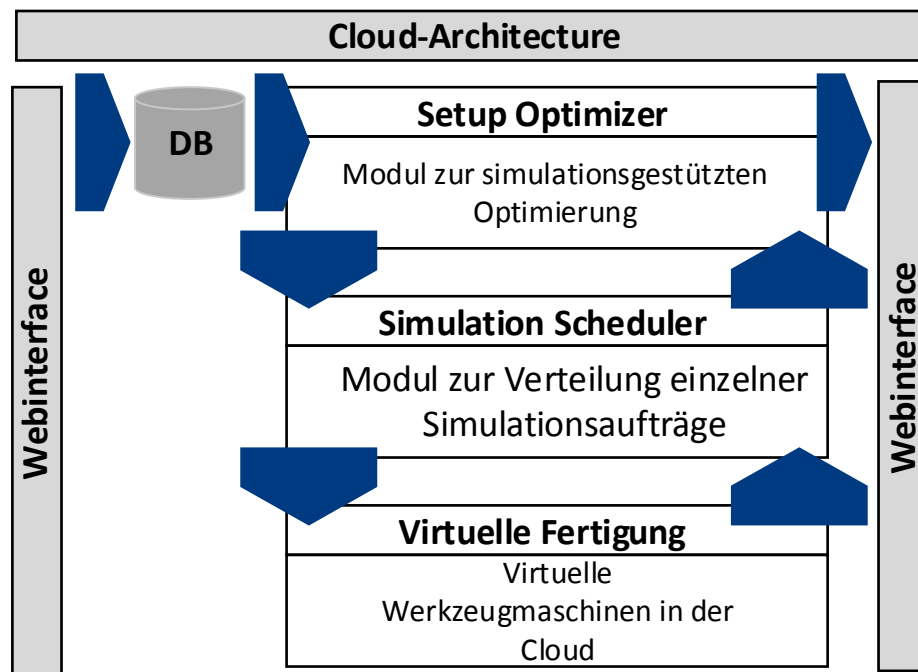


Abbildung 1: Architektur des Systems

### 3.2 Algorithmische Vorgehensweise und Schnittstelle zum System

An dieser Stelle wird der Algorithmus für die simulationsgestützte Optimierung innerhalb des Setup Optimizers formal beschrieben. Formal kann die Optimierungslandschaft beschrieben werden als Abbildung  $f: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R} \times \{0,1\}$ , wobei sowohl ein bestimmter Fitnesswert, der in diesem Beispiel der Zeit für die Abarbeitung eines NC-Programms entspricht, als auch ein binärer Wert für die Prüfung von Kollisionen zu betrachten ist. Zusätzlich sei  $g: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$  eine Abbildung, die lediglich den Fitnesswert beschreibt, während  $h: \mathbb{R}^d \rightarrow \{0,1\}$  ausschließlich die Validität prüft. Der hier beschriebene Ansatz geht von einem 2-Phasen Modell aus, wobei zunächst eine Vorauswahl potenzieller Lösungskandidaten, die einen guten Fitnesswert aufweisen, berechnet wird. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage einer Partikelschwarmoptimierung, die  $g$  als Fitnessfunktion entgegennimmt. In diesem Beitrag entspricht  $g$  hierbei der effizienten Berechnung der Dauer eines NC-Programms auf Basis von Verfahrenswegen und Achsgeschwindigkeiten. Auf diese Weise kann mit einem hohen Durchsatz eine Vielzahl von Ergebnissen generiert werden. Sei  $X := \{(a,b) | a \in \mathbb{R}^d, b \in \mathbb{R}, b = g(a)\}$  die Menge aller Lösungskandidaten, die aus der Partikelschwarmoptimierung hervorgegangen sind. Ziel der zweiten Phase ist es, mit Hilfe paralleler

Rechnerressourcen den besten Parametervektor aus  $X$  zu finden, der eine positive Validität aufweist, also nicht zu Kollisionen führt. Sei  $k$  die Anzahl der zur Verfügung stehenden Rechnerressourcen. Sei außerdem  $S := (s_1, s_2, \dots, s_k)$  wobei  $s_i \subseteq X$ . Dabei sei jedes  $s_i$  aufsteigend nach  $b$  sortiert. Um  $S$  zu berechnen, sind zwei verschiedene Verfahren getestet worden. Zum einen wurde ein klassischer Clusteringansatz, k-means, auf  $X$  verwendet, wobei  $k$  die Anzahl der resultierenden Cluster war (und somit auch die Anzahl der Maschineninstanzen repräsentiert; vgl. Kapitel 4, Abbildung 4). Dieser wurde mit einem Ansatz verglichen, der den Raum der Lösungskandidaten gleichmäßig aufteilt. Im Folgenden wird das Verfahren als „adapted binary search“ bezeichnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Beschreibung auf 2-dimensionale Probleme beschränkt ist. Sei  $l_i = \max(a_i) - \min(a_i)$  die Ausbreitung jeder Richtung in  $a$ .  $S$  wird hier ausgedrückt als  $S := (s_{1,1}, \dots, s_{m,n})$  wobei  $m * n = k$  und  $|m - n| \rightarrow \min$ . Die Zuordnung der einzelnen Lösungskandidaten in die Teilmengen wird erreicht durch  $S_{i,j} := \left\{ (a, b) \in X \mid \frac{l_x}{m} * i \leq a < \frac{l_x}{m} * (i + 1) \wedge \frac{l_y}{n} * j \leq b < \frac{l_y}{n} * (j + 1) \right\}$ .

Die Berechnung der Werte für  $m$  und  $n$  erfolgt nach dem Schema aus Algorithmus 1.

**Input: Number of areas  $k$**

**if  $k$  is a prime number**

$k \leftarrow k - 1$ ;

**endif**

**for** ( $i = \sqrt{k} \rightarrow 2; i = i - 1$ )

**if**  $k \bmod i = 0$

$m \leftarrow i$ ;

$n \leftarrow k/i$ ;

**endif**

**endfor**

**Algorithmus 1: Berechnung der Werte für den Binary Search Ansatz**

Die Dekomposition erlaubt im Anschluss einen intelligenten Ansatz zur sukzessiven Eliminierung nicht valider oder nicht optimaler Lösungskandidaten. Aus jeder Teilmenge  $s_i \in S$  wird zunächst der Vektor betrachtet, der die beste Fitness aufweist. Im Anschluss wird  $h(b_i)$  für alle  $i \in \{1, \dots, k\}$  berechnet. Dieser Berechnung erfolgt durch die 1:1-Simulation der Werkzeugmaschine, die hierbei zurückgibt, ob eine gegebene Aufspannsituation eine Kollision verursacht. Für den Fall, dass  $h(b_i)$  valide ist, also keine Kollision aufgetreten ist, werden aus allen Clustern  $s_j \in S$  die Lösungskandidaten  $(a, b)$  gelöscht, für die gilt, dass  $b > b_i$ . Solange ein Cluster einen Kandidaten enthält, der noch nicht validiert oder gelöscht worden ist, iteriert das Verfahren durch die Cluster. Abbildung 2 verdeutlicht den grundsätzlichen Ablauf des Verfahrens inklusive der Schnittstelle zum Gesamtsystem über die Datenbank. Diese Schnittstelle erfüllt im Wesentlichen zwei Aufgaben. Zum einen erfolgt auf diese Weise die Kommunikation mit dem Simulation Scheduler, da die Simulationsaufträge dort hinterlegt werden. Zum anderen können weitere Module, etwa die

webbasierte Nutzerschnittstelle auf die optimierten Aufspannkonfigurationen zurückgreifen. Hierbei ist zu erwähnen, dass es grundsätzlich effizientere Schnittstellen gibt. Die Datenbank erlaubt allerdings eine räumliche Trennung der einzelnen Module. Darüber hinaus fällt der Overhead für das Lesen der Aufträge aus der Datenbank aufgrund der komplexen Simulationen kaum ins Gewicht.

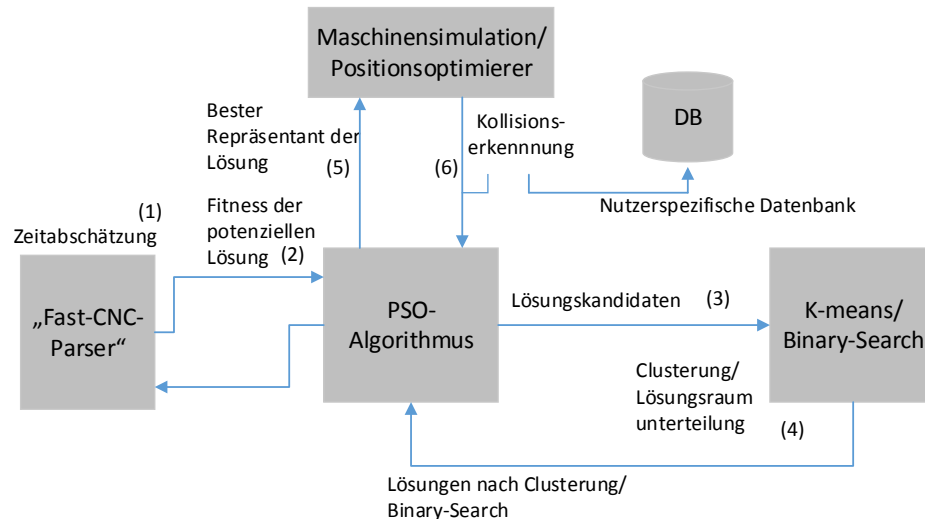
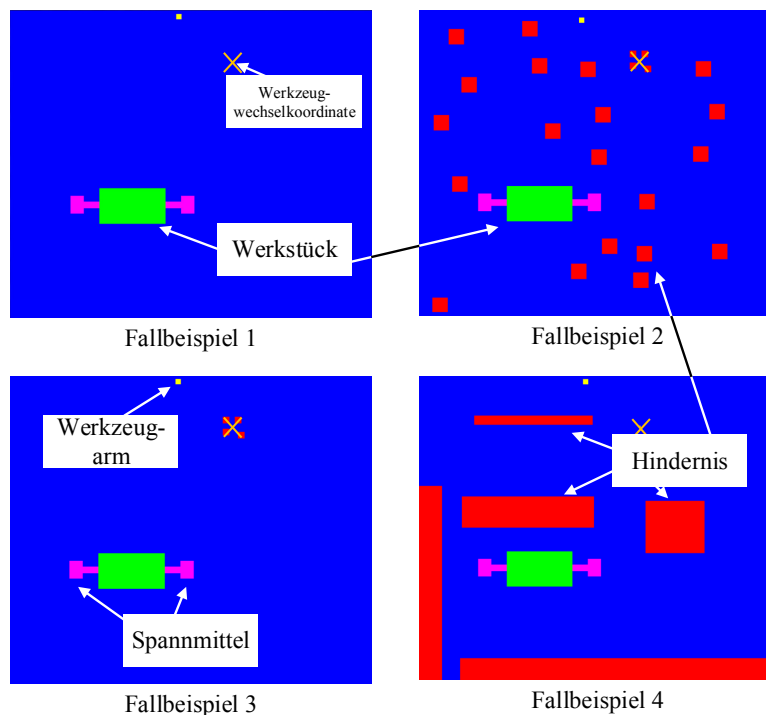


Abbildung 2: Ablaufdiagramm des Setup Optimizers

## 4 Bisherige Forschungsergebnisse

Um eine hinreichende Statistik für die Experimente zu den beschriebenen Verfahren zu erreichen, wird die komplexe 1:1-Simulation einer virtuellen Werkzeugmaschine zunächst durch eine Validierungssoftware ersetzt, die auf Basis diskreter 2D-Szenarien prüft, ob die Befehle eines gegebenen NC-Programms ausführbar sind. Dabei werden etwaige Kollisionen berücksichtigt, die auftreten, sollte der NC-Befehl dazu führen, dass der geplante Werkzeugangriffspunkt am Werkstück nicht erreicht werden kann. Auf diese Art kann sehr schnell ein Ergebnis generiert werden und die hier zu prüfenden Ansätze der simulationsbasierten Optimierung können ohne hohen Rechenaufwand auf Funktionalität hin verifiziert werden. Die Validierungskomponente spiegelt die Draufsicht (2D) eines realen Arbeitsraumes einer Maschine wider. Werkstücke und Spannmittel sowie Hindernisse bzw. ungültige Bereiche des Arbeitsraumes sind definierbar sowie eine individuelle Nullpunktkoordinate und Werkzeugwechselpunkte konfigurierbar. Somit können theoretisch diverse Szenarien generiert werden, die umfassend nutzerabhängige Produktionsszenarien abbilden können. Nach aktuellem Entwicklungsstand werden Zielgeometrien des Bauteils und die physikalische Materialwegnahme während des Fertigungsprozesses nicht abgebildet. Zur endgültigen Überprüfung der entwickelten Ansätze wurden zunächst vier Szenarien (Fallbeispiele) generiert, die in Abbildung 3 dargestellt werden. Genauere Beschreibungen und Funktionsweisen zur Steuerung und Verwendung der Validierungssoftwarekomponente sind in (Weber et al. 2015) dargestellt. Eine Darstellung von Fitnesslandschaften der generierten Szenarien ist ebenfalls in (Weber et al. 2015) aufgegriffen und diskutiert worden.



**Abbildung 3: Fallbeispiele**

Die Ergebnisse des simulationsgestützten Optimierungsansatzes unter Verwendung der Fallbeispiele aus der Abbildung 3 sind in Abbildung 4 illustriert. Die x-Achse gibt die Anzahl der parallel ausführbaren Simulationen der virtuellen Werkzeugmaschine an (die durch die Anzahl der zu prüfenden Cluster zustände kommen würde; vgl. Kapitel 3.2) und die Ordinate y zeigt die Iterationszahl, die benötigt wird, um eine optimale valide Lösung des zugrundeliegenden Fallbeispiels zu erhalten. Die Diagramme beinhalten die minimale und maximale erreichte Iterationszahl, das erste Quantil, den Median sowie das dritte Quantil. Die Ergebnisse, die durch die Anwendung des K-means-Clusterverfahrens gewonnen wurden, sind in Blau gekennzeichnet und die Ergebnisse unter Anwendung der „adapted binary search“ in Rot. Für jedes Fallbeispiel wurden durch die PSO jeweils 50 unabhängige Proben generiert. Die markantesten Ergebnisse werden hier aufgeführt. Konkretere Angaben sowie Ergebnisse der Experimente sind auch im Beitrag von (Mueß et al. 2015) zu finden.

Im Fallbeispiel 1 ist anzumerken, dass das dritte Quantil für jedes k den Wert 1 annimmt, unabhängig davon, welcher Algorithmus genutzt wird. Das hängt mit der Struktur des Fallbeispiels zusammen, die keine invaliden Lösungen um den Werkzeugwechselpunkt herum aufweist, da keine Hindernisse vorhanden sind, die die Fertigungssimulation beeinträchtigen. Der Arbeitsraum der Maschine muss nicht aufgeteilt werden in invalide/valide Bereiche, da alle Bereiche gültige Lösungen definieren. Lediglich die Lösungen, die Aufspannpositionen mit geringen Verfahrenswegen beinhalten werden als beste Lösungen deklariert. Die wenigen Lösungen um den Bereich von 6 Iterationen oder höher führen meistens zu invaliden Lösungen, wenn sie direkt oder sehr nahe an Arbeitsraumbegrenzungen auftreten, wodurch schnell eine invalide Aufspannzone erreicht ist und somit die gesamte Lösung als Werkstückposition ungültig wird. Fallbeispiel 2 weist die höchste Iterationszahl auf. Das Ergebnis resultiert aus der gestreuten Verteilung und der Vielzahl der Hindernisse im Lösungsraum. Insbesondere die um den Werkzeugwechselpunkt verteilten Hindernisse tragen zu einer hohen Iterationszahl bei, da alle (potenziell) invaliden Lösungen

getestet werden müssen. Die Fallbeispiele 3 und 4 benötigen wenige Iterationen, um valide und optimale Ergebnisse, die sich in der Nähe des Werkzeugwechsellpunktes befinden, zu identifizieren. Allgemein kann hierzu festgehalten werden, dass die Iterationsanzahl abhängig von der Validität des Lösungsraums in Nachbarschaft des Werkzeugwechsellpunktes ist. Für die Optimierung wird die Position des Werkstücks gesucht, die zu einem geringen bzw. insgesamt minimalen Werkzeugweg führt, ohne dabei Kollisionen zu verursachen. Die NC-Befehle beinhalten in der Regel die Wege zum Werkzeugangriffspunkt am Werkstück selbst sowie die Wechselwege zum Werkzeugwechsellpunkt, um neue Werkzeuge zu installieren und zurück zum Werkstück (oder nächst gelegenen Werkzeugangriffspunkt). Insgesamt hat sich hierbei gezeigt, dass das hier vorgestellte Verfahren zur simulationsbasierten Optimierung durch den K-means bessere Ergebnisse in Form von geringeren Iterationszahlen liefert, als die Verwendung der „adapted binary search“ (vgl. Abbildung 4).

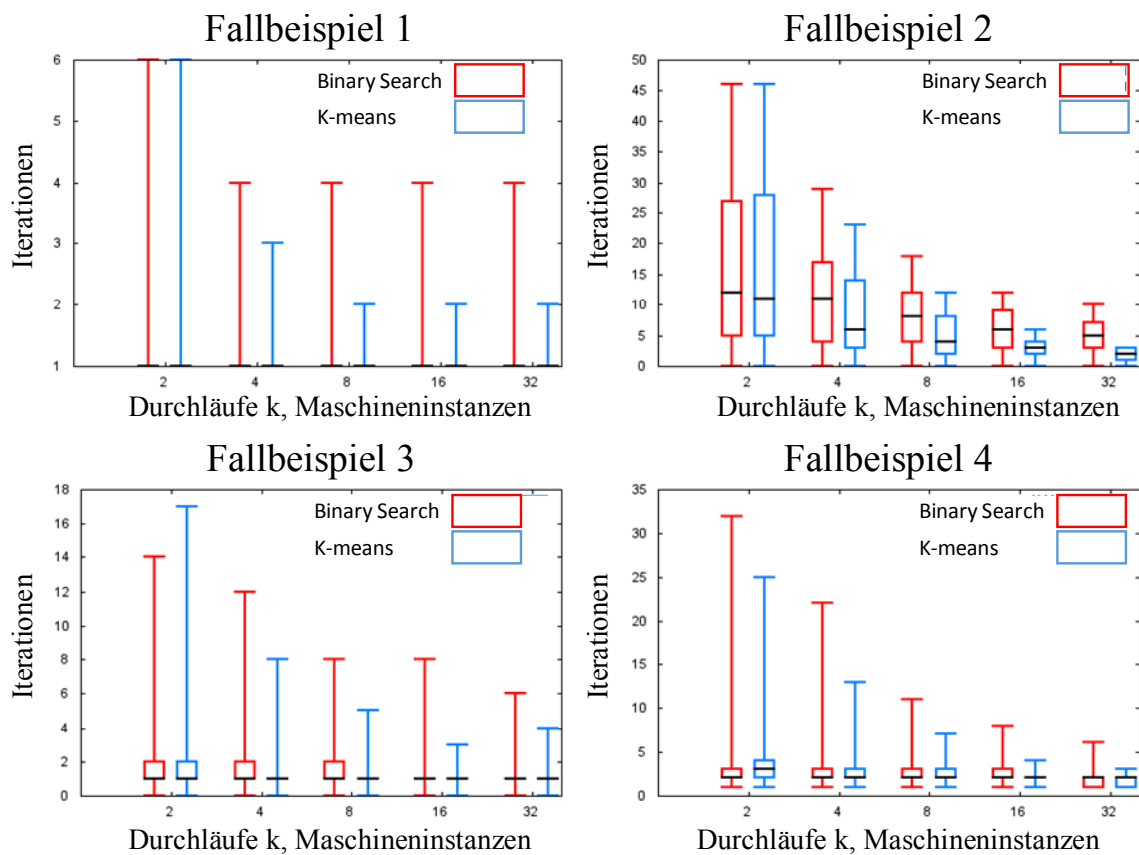


Abbildung 4: Ergebnisse der Experimente

## 5 Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde die Beschleunigung der Konvergenz simulationsgestützter Optimierungsverfahren durch die Einführung eines starken Abstraktionslevels präsentiert. Durch die starke Reduktion atomarer Simulationsläufe wird die Möglichkeit geschaffen, ein solches Verfahren sinnvoll in eine cloudbasierte Dienstleistungsplattform einzubetten, wodurch betriebsintern teure Hardware eingespart werden kann. Zukünftig werden auf dem Gebiet noch eine Reihe Fragen zu beantworten sein, die weitere Forschungsaufwände erforderlich machen. So stellt sich

beispielsweise die Frage, wie Geschäftsmodelle innerhalb des präsentierten Systems aussehen könnten und welche Auswirkungen sich daraus für das Scheduling ergeben. Obwohl das vorgestellte Optimierungsverfahren mit wenigen Simulationen auskommt, ist immer noch eine gewisse Dynamik in der Anzahl der Iterationen zu erkennen, was ein klassisches „pay-per-use“-Modell schlecht kalkulierbar macht. Darüber hinaus ergeben sich offensichtlich Forschungsfragen aus dem algorithmischen Verfahren selbst. Sowohl in der Vorauswahlphase als auch in der Phase des Clusterings könnten zusätzliche Experimente durchgeführt werden. So könnte die Partikelschwarmoptimierung durch andere bekannte Metaheuristiken wie beispielsweise Ameisenalgorithmen oder evolutionäre Algorithmen ersetzt werden. Hierbei ist natürlich auch die Wahl des Explorationsfaktors interessant. Innerhalb der Clusteringphase können die vorgestellten Ansätze ebenfalls durch andere Verfahren ersetzt werden.

Für die weitere Entwicklung ist es vorgesehen, die hier demonstrierten Ansätze an eine virtuelle Werkzeugmaschine anzubinden sowie die Validierungssoftware dahingehend zu erweitern, dass auch dreidimensionale Szenarien unter Berücksichtigung von Drehungen des Arbeitsraumes erfasst werden können.

## 6 Literatur

- Hsieh WT, Horng SJ (2012) Feature Selection Based on Asynchronous Discrete Particle Swarm Optimal Search Algorithm. In: Tagungsband Fifth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming, IEEE Press. Taipei
- Laroque C, Pater JP (2012) An Automatic Approach for Parameter Optimization of Material Flow Simulation Models based on Particle Swarm Optimization. In: Dini P, Lorenz P (Hrsg) Tagungsband, 4. International Conference on Advances in System Simulation. IARA XPS press. Lissabon
- Laroque C, Urban B, Eberling M (2010) Parameteroptimierung von Materialflusssimulationen durch Partikelschwarmalgorithmen. In: Schumann M, Kolbe LM, Breitner MH, Frerichs A (Hrsg) Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik. Universitätsverlag Göttingen. Göttingen
- März L, Krug W, Rose O, Weigert G (2011) Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik: Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Springer Heidelberg, Dordrecht, London, New York
- Montgomery DC (2008) Design and Analysis of Experiments. 7. Auflage. Wiley, New York
- Mueß A, Weber J, Reisch RE, Jurke B (2015) Implementation and Comparison of Cluster-Based PSO Extensions in Hybrid Settings with Efficient Approximation. In: Tagungsband der Konferenz Machine Learning for Cyber Physical Systems and Industry 4.0, Fraunhofer IOSB. Lemgo – ab Oktober 2015
- Reisch RE, Weber J, Christoph C, Schröder C (2015) Asynchronous Optimization Techniques For Distributed Computing Applications. In: Tolk A, Padilla JJ, Jafar S (Hrsg) Tagungsband der 2015 Spring Simulation Multi conference, 48. Annual Simulation Symposium, Vol. 47 Nr. 2. IEEE, Inc. Alexandria VA

- Scriven I, Ireland D, Lewis A, Mostaghin S, Branke J (2008) Asynchronous Multiple Objective Particle Swarm Optimisation in Unreliable Distributed Environments. In: Tagungsband des IEEE Congress on Evolutionary Computation, IEEE Press. Hong Kong
- Weber J, Boxnick S, Dangelmaier W (2014) Experiments Using Meta-heuristics to Shape Experimental Design for a Simulation-based Optimization System. In: Tagungsband des Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering. Curran Associates, Inc. Nadi
- Weber J, Mueß A, Dangelmaier W (2015) SBO Approach for Virtual Tooling Machine Setup Optimization Using a Rasterized Simulation Model. In: Tagungsband der Konferenz International Conference on Operations Research, German Operations Research Society (GOR).
- Wu J (2012) Advances in K-means Clustering: A Data Mining Thinking. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London





# Visualisierung simulierter Prozesse für Industrie 4.0

**Steffen Masik<sup>1</sup>, Michael Raab<sup>1</sup>, Thomas Schulze<sup>2</sup> und Marco Lemessi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Fraunhofer IFF Magdeburg, [vorname.nachname@iff.fraunhofer.de](mailto:vorname.nachname@iff.fraunhofer.de)

<sup>2</sup> Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, [tom@isg.cs.uni-magdeburg.de](mailto:tom@isg.cs.uni-magdeburg.de)

<sup>3</sup> John Deere GmbH & Co. KG, Mannheim Regional Center, [LemessiMarco@JohnDeere.com](mailto:LemessiMarco@JohnDeere.com)

## Abstract

Industrielle Virtuelle Realitäten (IVR) sind interaktive, datenbasierte und funktionale Visualisierungen, die durch Verknüpfung von aktuellen Datensätzen aus der Produkt- und Prozessplanung sowie von Modellen aus der Materialfluss-, Roboterzellen- und Menschsimulation automatisiert erzeugt werden können. Sie unterstützen die Entwicklung und den Betrieb von Fabriken und Anlagen durch die Bereitstellung einer gemeinsamen Plattform für die Kommunikation zwischen den einzelnen Gewerken sowie Planern und Entscheidern. Außerdem ermöglicht die Verknüpfung von heterogenen Datensätzen einen entscheidenden Erkenntnisgewinn durch die Möglichkeit, Leistung und Qualität des gesamten Systems bewerten und überprüfen zu können. Die aus zahlreichen Projekten gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass die Akzeptanz und Praktikabilität dieser Technologie allerdings maßgeblich vom Aufwand für die Erstellung, Aufbereitung und Wartung der IVR-Modelle abhängen. Im Folgenden werden Arbeitsabläufe und Methoden beschrieben, um industrielle Daten automatisiert in IVR-Modelle zu integrieren.

## 1 Motivation

Visualisierung ist ein unverzichtbares Hilfsmittel bei der Validierung von Simulationsmodellen und der Präsentation von Simulationsergebnissen. Basierend auf den Anforderungen aus der Fertigung sind Simulationsmodelle für Produktionsprozesse häufig durch ein hohes Detaillevel gekennzeichnet, um der gestiegenen Typenvielfalt und der Komplexität dieser Systeme zu entsprechen. Die bisherigen und weitverbreiteten sowie oft schematischen 2D-Visualisierungen können die gestiegenen Anforderungen nicht mehr in jedem Fall abdecken.

Eine neue Möglichkeit ist die Anwendung von 3D-Visualisierungen auf der Basis von Industrial Virtual Reality (IVR) Techniken unter Einbeziehung vorhandener 3D-Montagelayouts, 3D-Produktmodellen sowie von aus Simulationsmodellen generierten Prozessabläufen. Ziel ist hierbei nicht die detaillierte Einbausimulation hinsichtlich der Montierbarkeit des Produktes, sondern die Visualisierung der Ablaufsimulationen an den Stationen in Verbindung mit einer realitätsnahen Darstellung der Stationen, dem Montagezustand der Produkte einschließlich der bereitzustellenden Bauteile und Hilfsmitteln und der Positionsveränderungen der Montagarbeiter und Roboter. Diese

Form der Visualisierung gestattet eine gute Evaluierung der simulierten Abläufe, die über die bekannten 2D-Standardvisualisierungen hinausgeht.

Im Beitrag werden die Vorteile einer IVR-basierten 3D-Visualisierung von simulierten Produktionsprozessen sowie eine Methodik zur automatisierten Erzeugung derartiger Modelle erläutert. Das schließt eine Diskussion der Anforderungen an die bereitzustellenden Daten insbesondere mit dem Fokus auf Interoperabilität mit ein. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungsarbeiten.

## **2 Was ist Industrial Virtual Reality (IVR)**

Mit Virtueller Realität (Virtual Reality) wird die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung von künstlich erzeugten, interaktiven virtuellen Welten bezeichnet. Dabei werden diese künstlichen Welten unter Beachtung physikalischer Eigenschaften in Echtzeit von Computern generiert. Im Allgemeinen wird auch ein hoher Immersionsgrad, also ein Verschwimmen der Grenzen von echter und virtueller Realität in der Wahrnehmung des Nutzers (Imagination), für Virtuelle Realitäten vorausgesetzt. Technisch wird dieser Zustand insbesondere durch die Wiedergabe in abgeschlossenen, stereoskopischen Projektionssystemen oder mithilfe von Head Mounted Displays erreicht.

Für den Einsatz von VR im industriellen Bereich (Industrial Virtual Reality) spielt Immersion nur eine untergeordnete Rolle. Stattdessen liegt der Fokus eher auf Interaktivität und Echtzeitfähigkeit sowie auf Interoperabilität und Dynamik bzgl. der zu integrierenden Daten und der darzustellenden Objekte.

Jain et al. (2014) beschreibt Virtual Factories u.a. als eine industrielle Kollaborationsumgebung, die auf VR-Repräsentationen der Fabriken basieren und eine Verknüpfung von existierenden Teilmodellen oder Modellkomponenten virtueller Fabriken (VDI 2011) sind, die jeweils Teile der industriellen Realität abbilden. Hierzu gehören unter anderem die Fabrik-, Produkt-, Prozess- und Simulationsmodelle. Das Ziel der Anwendung von IVR ist ein höherer Erkenntnisgewinn für den Anwender aus einer interaktiven Betrachtung der verknüpften Modellkomponenten und ihren Veränderungen über der Zeit sowie aus additiven Informationen die sich aus dem Zusammenspiel der Modellkomponenten ergeben.

Interaktive, funktionale 3D-Visualisierungen können die Planungsprozesse in der Industrie maßgeblich unterstützen. IVR wird eingesetzt als Hilfsmittel für die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit und Kommunikation, wie beispielsweise in der industriellen Produkt- und Prozessentwicklung durch Bereitstellung allgemein verständlicher Darstellungen komplexer Sachverhalte (Menck et al. 2013). Dazu sind heterogene Datensätze aus unterschiedlichen Planungs- und Simulationssystemen miteinander zu koppeln und in einem IVR-Modell zu integrieren.

Gegenwärtig erfolgt der Einsatz von IVR-Modellen häufig erst im letzten Drittel von industriellen Planungsprozessen, da benötigte Basisdaten vorher noch nicht in geeigneter Form verfügbar, Schnittstellen unzureichend oder Erstellungs- bzw. Aktualisierungsaufwände zu groß sind. Über das Planungsstadium hinaus können diese IVR-Modelle beispielsweise für Marketing-, Dokumentations- oder Qualifizierungszwecke, und auch in der operativen Planung oder für spätere Umplanungsmaßnahmen verwendet und erweitert werden.

Die Akzeptanz von IVR-Modellen ist sehr stark an die zeitlichen und monetären Aufwände für Datenerfassung, Erstellung, Wartung und Synchronisierung der Modelle geknüpft, so dass es erforderlich ist, automatisierte bzw. teilautomatisierte Generierungsverfahren einzusetzen und grundsätzlich auf bereits vorhandene Datensätze zurückzugreifen und auch diese in den Wartungsprozess mit zu integrieren (VDI 2009).

### 3 Verwandte Arbeiten

Zwei verschiedene Aspekte industrieller Virtueller Realitäten sollen hier fokussiert betrachtet werden: Effiziente Modellgenerierung und Anwendungen, die Vorteile aus der Verwendung dieser Modelle ziehen können.

Um eine effiziente Modellgenerierung zu ermöglichen, müssen heterogene Modelldaten automatisiert miteinander verknüpft werden können. Jede Komponente eines IVR-Modells ist eine Abstraktion eines realen oder hypothetischen Systems. Dabei hat jede Komponente seine eigene Sicht auf das abzubildende System. Zur Erstellung von IVR Modellen ist es notwendig, Daten aus allen beteiligten Komponenten zu integrieren. Dabei hat jede Modellkomponente ihre eigene proprietäre Spezifikation. Um eine Verknüpfung bzw. Interoperabilität zwischen den Komponenten zu erreichen, können standardisierte Austauschformate für alle Komponenten verwendet werden. Stammen alle Daten aus Komponenten einer Systemsoftware z.B. Siemens PLM, dann ist die Integration häufig einfacher. Für IVR Modelle, die aus inhomogenen Komponenten bestehen, ist diese Möglichkeit allerdings ungeeignet. Hierfür müssen standardisierte offene oder proprietäre Schnittstellen eingesetzt werden. Für Modellkomponenten, die aus CAD Systemen stammen, sind hier verlässliche Standards bereits Stand der Technik. Für Simulationskomponenten ist die Situation schwieriger.

Aus der Simulationscommunity wurde daher die Entwicklung der Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Spezifikation vorangetrieben, um diese Problemstellung zu adressieren und den Austausch von Simulationsanwendungen mit anderen Softwaresystemen durch eine neutrale Schnittstelle zu standardisieren (SISO 2012). Auch die Simulation Data Exchange (SDX) Schnittstelle hat dieses Ziel.

Die Notwendigkeit schnell und aufwandsarm von Simulationsergebnissen zu Visualisierungen zu kommen, die geeignet sind, die Entscheidungsfindung zu unterstützen oder Hypothesen zu bestätigen bzw. zu verwerfen, beschreibt auch Szalay (2014).

Bezüglich der Erweiterung der Funktionalität von IVR Modellen stellen Eilers et al. (2014) fest, dass es für Visualisierungen von simulierten Systemen nützlich und möglich ist, nicht nur Daten und Ergebnisse der Simulationen in Echtzeit darzustellen, sondern zusätzlich auch Informationen, die im realen System nicht ohne weiteres sichtbar und auswertbar wären.

Das industrielle Anwendungsspektrum von dynamischen IVR Modellen umfasst u.a. die Unterstützung von kollaborativen Planungsaufgaben in unterschiedlichen Phasen des Fabriklebenszyklus‘ (Menck et al. 2013), Virtuelle Laboratorien (Szalay 2014), Plattformen zur Entscheidungsfindung (Collins et al. 2014) und zur Qualifikation (Haase et al. 2014).

## **4 Anforderungen an die Visualisierung im Kontext von Industrie 4.0**

Unter den Bedingungen von Industrie 4.0 müssen in die IVR-Modelle nicht nur die simulierten Materialflüsse, sondern auch die Modelldaten der Produkte und der Infrastruktur, wie Hallenlayouts, Maschinen, Arbeitsplätze und Arbeitsmittel integriert werden.

Eine Besonderheit im Zusammenhang mit Industrie 4.0 ist die dynamische Darstellung der Produkteveränderungen im Laufe des Fertigungsprozesses, wobei die Veränderungen durch das Simulationsmodell und entsprechende Prozessbeschreibungen gesteuert werden. Dieser Umstand hat insbesondere bei der Visualisierung von simulierten Montageprozessen eine hohe Bedeutung. Durch die typischerweise im Automobil- bzw. Fahrzeugbau vorherrschende Typenvielfalt können keine vordefinierten Produktmodelle für die jeweiligen Montagestationen verwendet werden, sondern müssen in Abhängigkeit von den Produktoptionen, die das Simulationsmodell verwendet, zur Laufzeit der Visualisierung erzeugt werden. Der Montagefortschritt am Produkt muss in Abhängigkeit vom simulierten Montageablauf visualisiert werden.

Die Visualisierung in Industrie 4.0 muss Daten aus unterschiedlichen heterogenen Datenmodellen verwenden, die wiederum aus differenzierten Datenquellen abgeleitet werden. Typischerweise werden die Daten aus Produktmodellen, Hallenlayout-Modellen, Simulationsmodellen und gegebenenfalls aus online-gekoppelten Betriebsdaten abgeleitet. Visualisierung in Industrie 4.0 erfordert eine Verknüpfung dieser heterogenen Datenquellen. Dabei sind unvermeidbare Inkonsistenzen zwischen den Modellen zu erkennen und entsprechend aufzulösen.

Eine weitere Anforderung ist, dass die Visualisierung in Echtzeit erfolgen muss, damit ein interaktives Arbeiten mit dem IVR-Modell möglich wird. Zur Erfüllung dieser Anforderung, unter Beachtung heutiger Hard- und Softwaresysteme, muss eine automatisierte Reduzierung der Komplexität der grafischen Modelldaten erfolgen.

Standortübergreifende Kollaboration bei Visualisierungen im Kontext von Industrie 4.0 ist eine weitere Anforderung. Diese ergibt sich aus der Notwendigkeit, unterschiedliche Akteure an unterschiedlichen Standorten, wie z.B. in verteilten Projektmeetings, in eine Visualisierung einzubeziehen. Die IVR-Software muss zudem skalierbar sein, damit diese an die unterschiedlichen Standortbedingungen angepasst werden kann.

Eine weitere Anforderung ist die automatisierte Aktualisierung von IVR-Modellen, sobald eine neue Version eines Ausgangsdatensatzes verfügbar ist. Sie ergibt sich aus dem Lebenszyklus der beteiligten Modelle.

## **5 Vorteile durch die Nutzung von IVR**

Die Anwendung von IVR-Modellen von simulierten Prozessabläufen in der Fabrikplanung ermöglicht die erweiterte Validierung integrierter Simulationsmodelle, die kollaborative Präsentation von Planungsergebnissen (Choi et al. 2010) sowie die Evaluierung von Planungsaspekten, die erst durch die ganzheitliche Verknüpfung und Dynamisierung der statischen, heterogenen Ausgangsmodelle möglich werden.

Die mittels IVR generierten Sichten geben nicht nur ein realistisches Abbild der geplanten Welt, sondern sie erlauben auch das Einbringen von zusätzlichen Informationen, die in einer realen Welt nicht zu finden sind. Hierzu gehören beispielsweise Dash- und Score-Boards zum Anzeigen von Durchsatzraten, Annotationen mit Objektinformationen und farbliches Hervorhebungen von

überlasteten Bereichen. Besonders bei Montageprozessen können die Auswirkungen auf die gesamte Montagelinie dargestellt werden, die von Veränderungen der Arbeitsverrichtungen an einzelnen Stationen ausgelöst wurden.

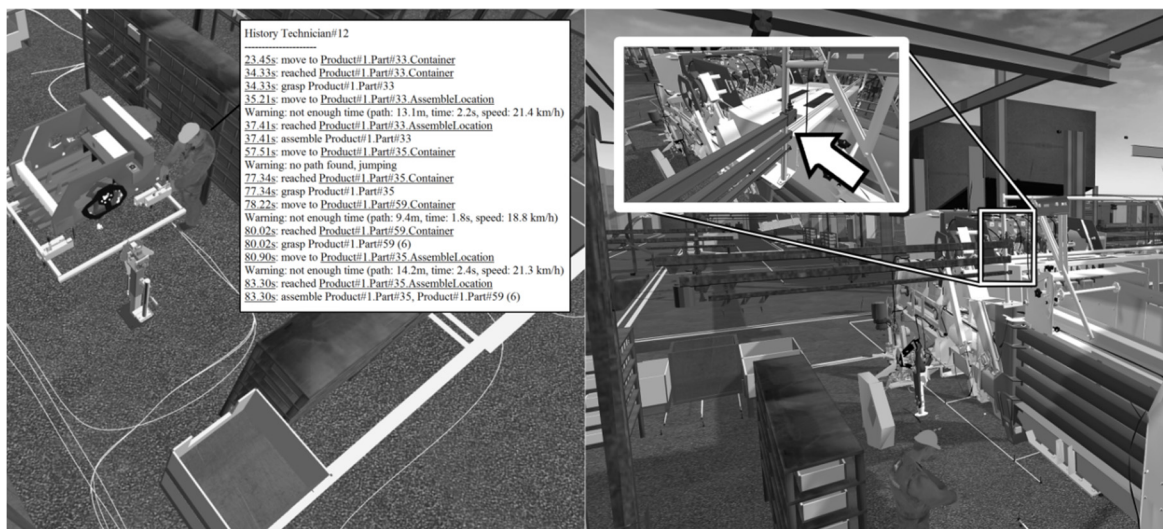
Ein kollektives Betrachten der virtuellen Welt durch mehrere Beteiligte fördert das Finden von Prozessverbesserungen und Fehlern. Veränderungen am virtuellen Layout werden interaktiv vorgenommen und diese werden nach dem Neustart der Simulation schnell berücksichtigt.

IVR-Modelle haben je nach Komplexität und den eingesetzten Visualisierungsmethoden mittlere bis sehr hohe Anforderungen an die zur Visualisierung genutzte Hardware. Es muss also darauf geachtet werden, dass die zur Visualisierung erzeugten IVR-Modelle in ihrer Komplexität und verwendeter Renderingtechnologie skalierbar sind, damit die Modelle auch auf weniger performanten Rechnersystemen oder mobilen Systemen mit begrenzten Ressourcen verwendet werden können.

Skalierbarkeit bezüglich des zu verwendenden Visualisierungssystems ist eine wichtige Grundlage von IVR. Die Präsentation der 3D-Visualisierungen kann zum einen in speziellen Präsentationsräumen erfolgen, die mit einer leistungsstarken, meist verteilten Hardware zur Visualisierung und Simulation ausgestattet sind. Hierzu zählen Head-Mounted Displays, Caves, Power-Walls und 360° Projektionssysteme wie der ElbeDom (Schoor et al. 2007).

### 5.1 Evaluierung durch Verknüpfung unterschiedlicher Datenmodelle

Durch die dynamische Wegfindung erlauben es IVR-Modelle, die zurückgelegten Entfernungen der Werker während der simulierten Montageprozesse zu ermitteln, auszuwerten und mit den Vorgaben aus der Prozessplanung abzugleichen. Unterschiedliche Produktreihenfolgen und Varianten bedingen differenzierte Arbeitsverrichtungen und somit auch unterschiedliche Laufwege der Werker bei der Montage. Durch die Nutzung von Lageinformationen von Regalen und benötigten Bauteilen, sowie der Position der Montageobjekte lassen sich die Laufweglängen bestimmen. Aus diesen gesammelten Werten können arbeitsphysiologische Kennzahlen abgeleitet werden. Bild 1 zeigt den Nutzen der Verknüpfung unterschiedlicher Datenmodelle im IVR-Modell am Beispiel der Laufweganalyse und Kollisionserkennung.



**Bild 1: Kollisionsüberprüfung (rechts) und Laufweganalyse (links) mithilfe eines IVR-Modells**

Durch die durchgehende Verwendung von 3D Geometrien von Produktionsmitteln und Produkt sowie durch deren Verknüpfung mit den Prozessabläufen ist es möglich, Kollisionen zwischen dynamischen und statischen Entitäten zu untersuchen. Je nach Detaillierungsgrad des IVR-Modells können hierbei auch verschiedene Produktvarianten und -konfigurationen sowie die unterschiedlichen Produktionsstufen im Kontext der jeweils betroffenen Produktionsumgebung betrachtet werden. Bild 1 zeigt den Nutzen der Verknüpfung unterschiedlicher Datenmodelle im IVR-Modell am Beispiel einer Kollisionsprüfung.

## 6 Komponenten von IVR-Modellen

Ein IVR-Modell besteht aus den Komponenten Fabrik-, Produkt-, Prozess- und Simulationsmodell. Jedes Modell hat seine eigene Sicht auf das abzubildende Produktionssystem. Ein Fabrikmodell beschreibt die Architektur der Fabrik sowie die vorhandenen Anlagen und Produktionsmittel. Mit dem Produktmodell wird die Geometrie des herzustellenden Produkts abgebildet. Diese beiden Modellkomponenten sind statischer Natur und werden typischerweise mittels standardisierten CAD-Systemen erstellt. Das Prozessmodell beschreibt die zeitliche Reihenfolge der Operationen und die notwendigen Bedingungen zur Produktion eines Produktes. Das oder die Simulationsmodelle generieren in diesem Kontext eine Instanz für die modellierten Abläufe der anderen Komponenten und beschreiben deren zeitliche Veränderungen.

Die benötigten Daten zum Aufbau von IVR-Modellen werden im industriellen Umfeld typischerweise in unterschiedlichen Softwaresystemen beschrieben. Aufgrund der Vielzahl und Heterogenität der eingesetzten Software und den damit fehlenden, mangelhaften und proprietären Schnittstellen ist die Integration der Daten aus den beteiligten Komponenten häufig mit manuellen Aufwendungen verbunden.

Integration und Zusammenführung heterogener Daten bedeutet, dass die Eigenschaften einer einzelnen physikalischen Entität über alle Datensätze hinaus verknüpft werden müssen. Die Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen ist komplex, da ubiquitär verwendete, eindeutige Kennungen häufig fehlen und entsprechende Mapping- und Data-Mining-Strategien angewendet werden müssen.

Obwohl die für IVR-Modelle benötigten Daten in den meisten Fällen in entsprechenden IT-Systemen digital vorliegen und als Grundlage für weitergehende und kombinierte Untersuchungen bzw. direkt zur Visualisierung und Diskussion wichtiger Fragestellungen genutzt werden könnten, werden diese häufig nicht direkt als Eingabe für Simulationsuntersuchungen bzw. Visualisierungen in nachgelagerten Planungsphasen genutzt. Gründe sind typischerweise Zugriffs-, Schnittstellen oder Integrationsprobleme, aus denen ein hoher manueller Mehraufwand für die Erstellung und Wartung von IVR-Modellen resultiert.

Daher ist es notwendig, entlang des Fabrikplanungsprozesses die für Planer relevanten Kombinationen von verfügbaren Datensätzen zu identifizieren und automatisierte Verfahren und Workflows zur Generierung und stufenweisen Detaillierung von IVR-Modellen bereitzustellen. Hierbei müssen relevante Daten automatisiert extrahiert und verknüpft werden, um beispielsweise Simulationsergebnisse nahtlos in ein Fabrikumfeld projizieren und integriert bewerten zu können.

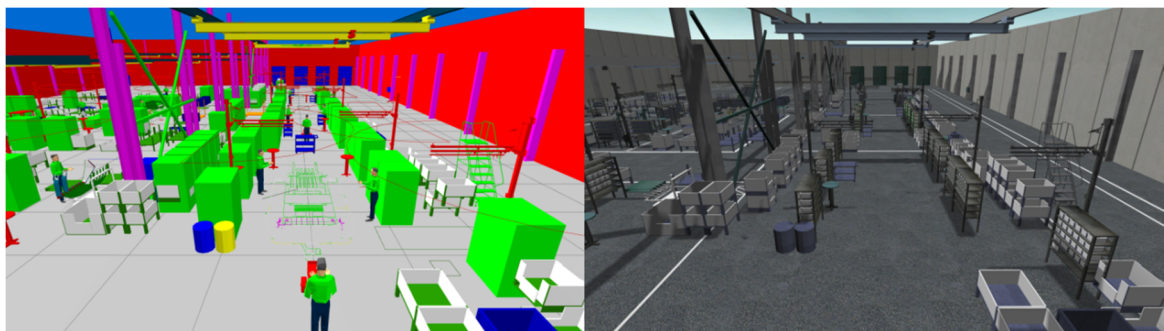
## 7 Automatisierter Workflow zur Erzeugung von IVR-Modellen

Am Fraunhofer IFF in Magdeburg erfolgte die Entwicklung des Frameworks Review3D zur Erstellung von heterogenen IVR-Modellen. Ein Ziel bei der Entwicklung von Review3D war die Möglichkeit zu Integration von heterogenen Komponenten. Die einzelnen heterogenen Komponenten verfügen über proprietäre bzw. standardisierte Schnittstellen. Review3D stellt u.a. Funktionalitäten bereit, um die benötigten Daten zu importieren, aufzubereiten und zu integrieren. Ein entsprechender Workflow wird im Folgenden vorgestellt.

### 7.1 Geometrische Modelle

Geometrische Daten stammen überwiegend aus CAD Systemen und werden über gängige Austauschformate in IVR-Modelle übernommen. Sie beschreiben in der Regel die Geometrie und Hierarchiestruktur von Produkten, Arbeits- und Produktionssystemen, Maschinen und Anlagen sowie der Architektur der Fabrik. Nach der Übernahme der Daten in das IVR-Modell sind weitere Bearbeitungsschritte erforderlich, um daraus performante und optisch repräsentative Visualisierungen erzeugen zu können.

Realismus ist eine wichtige Zielsetzung für IVR-Modelle. Oft hat die visuelle Repräsentation von Objekten, die mit CAD-Systemen erstellt wurden, keinen Bezug zu ihrem realen Aussehen. In CAD-Systemen werden Farben vorwiegend verwendet, um Informationen über bestimmte Eigenschaften oder Zugehörigkeiten eines bestimmten Objektes zu kodieren. Diese künstlichen Materialien können durch realistische Repräsentationen ersetzt werden, indem eine semi-automatische Zuweisung von Farben, Texturen oder erweiterten Shader-basierten Materialien für z.B. reflektierende, anisotrope, variable oder flüssige Objekte aus einer Material- und Ressourcendatenbank erfolgt. Die Zuordnung der Materialien erfolgt dabei automatisiert unter Zuhilfenahme bestimmter Kriterien, Benennungen oder Meta-Tags (Schilling et al. 2006). Bild 2 zeigt ein Fabrikmodell vor und nach der Aufbereitung.



**Bild 2: Fabrikmodell vor und nach der Aufbereitung**

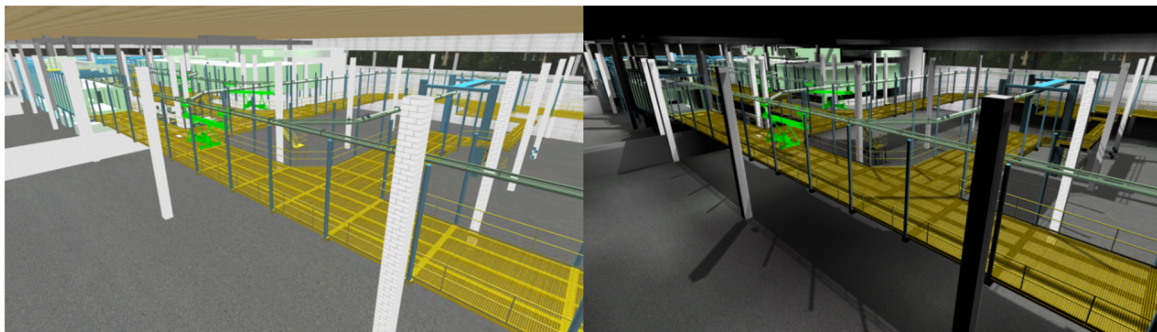
Die Geometrien und Hierarchien der Produkte und des Fabriklayouts sind in der Regel sehr detailliert, da sie während der Produktentwicklung und Fabrikplanung erstellt und aus den entsprechenden CAD-Systemen importiert werden. Zusätzlich führt die Umwandlung von nativen CAD-Geometrien, die aus BREP (Beschreibung der Objekte durch ihre Oberflächen) oder NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) Definition bestehen, zu sehr komplexen, polygonbasierten Geometrien. Die Anforderungen an Interaktivität und Echtzeitfähigkeit erfordern daher die Reduktion der Geometrie- und Hierarchiekomplexität (Hoppe et al. 1993).



Zur Geometrievereinfachung können Verfahren verwendet werden, die auf bestimmten Fehlermetriken oder Komplexitätszielvorgaben basieren (Heckbert et al. 1999). Diese Algorithmen können semi-automatisch angewandt werden, indem deren Parametrierung auf bestimmten Objekt-Informationen (z.B. Größe, Lage, Benennung, Meta-Informationen) beruht. Auch die Regularisierung oder vollständige Neuerzeugung der Geometrien durch Remeshing (Surazhsky et al. 2003) ist im Fall komplexer (Zilske et al. 2008) und stark degenerierter Basisgeometrien (Fuhrmann et al. 2010) sinnvoll. Zusätzliche Techniken wie Level-of-Detail Generierung und Hidden-Surface-Removal können ebenfalls automatisch während der Aufbereitung der Daten angewandt werden.

Die Reduktion der Komplexität und Optimierung der Objekthierarchie ist besonders wichtig für temporäre dynamische Objekte, da diese oft mehrfach instanziiert werden. So sind beispielsweise auf einer Montagelinie gleichzeitig hunderte Produktinstanzen mit unterschiedlichen Geometrien - bedingt durch die Typenvielfalt - und unterschiedlichem Montagefortschritt darzustellen.

Die Qualität der Beleuchtungsberechnung bei der Darstellung von IVR-Modellen ist nicht nur für eine realistische Darstellung von großer Bedeutung, sondern kann auch als Grundlage für die Analyse der Beleuchtungssituation in Fabrikhallen und an Arbeitsplätzen dienen. Im Gegensatz zu klassischen Beleuchtungsverfahren erlaubt die globale Beleuchtungstechnik eine Berücksichtigung der Interaktionen der Lichtstrahlen mit den verschiedenen Oberflächen einer virtuellen Szene (Radax 2008). Während für die lokale Beleuchtung wenige Lichtquellen ausreichen, erfordert globale Beleuchtung ein reales Licht-Setup, das entweder manuell festgelegt oder automatisch aus den Planungssystemen übernommen werden kann (Papaioannou 2010). Bild 3 zeigt einen Ausschnitt eines IVR-Modells mit klassischer und mit globaler Beleuchtung.



**Bild 3: IVR-Modell mit klassischer Beleuchtung (links) und mit globaler Beleuchtung (rechts)**

## 7.2 Prozessmodell

Prozessmodelle repräsentieren die aus der Prozessplanung CAPP (Computer-Aided Process Planning) stammenden Prozessbeschreibungen. Diese Beschreibungen enthalten unter anderem Informationen über Prozesszeiten, entsprechende Teile und Baugruppen, benötigte Werkzeuge und Produktionsmittel, beteiligte Werker und Roboter, zugeordnete Stationen oder Zellen sowie Gruppen- und Variantenzuordnungen. Ebenfalls können textuelle Beschreibungen der manuellen Arbeitsschritte enthalten sein. Einzelne Arbeitsverrichtungen sind dabei eindeutig referenzierbar. Die benötigten Datensätze werden in der Regel in Relationalen Datenbankmanagementsystemen gespeichert und können über Datenbankschnittstellen oder in Tabellenform exportierte Datenbankabfragen ausgetauscht werden.



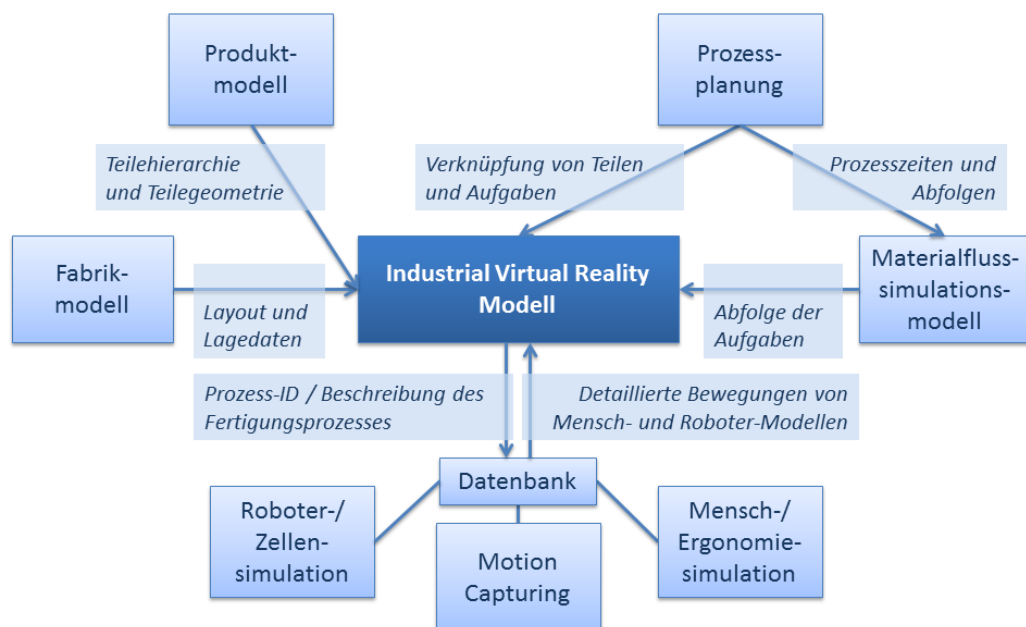
### 7.3 Simulationsmodelle

Ergebnisse von diskreten Prozesssimulationen werden als Basis für die Dynamik in IVR-Modellen verwendet. Da standardisierte Formate für die Übertragung von Simulationsergebnissen bisher selten genutzt werden, werden häufig proprietäre Formate zum Austausch eingesetzt. Die einbezogenen Simulationsdaten können dabei aus Verteilten, Online- und Offline-Simulationen stammen. Diskrete Simulationen exportieren in der Regel eine chronologisch sortierte Beschreibung aller im Simulationslauf aufgetretenen Ereignisse (Trace). Dieses Trace ist eine wesentliche Datenquelle zur Visualisierung von dynamischen Prozessen.

### 7.4 Workflow zur Integration der Datensätze

Die Integration der einzelnen Datenmodelle erfolgt hochgradig automatisiert, da diese Aufgabe zum einen sehr komplex ist und manuelle Aufwände bei Erstellung von IVR-Modellen aus Kosten- und Zeitgründen minimiert bzw. vermieden werden müssen.

Für nicht detaillierte Animationen von simulierten Prozessen in frühen Planungsphasen ist es oft ausreichend, einfache Geometrien mit Simulationsergebnissen zu kombinieren. Die Erstellung von detaillierten IVR-Modellen von manuellen oder automatisierten Montageprozessen benötigt die bereits beschriebenen zusätzlichen Datenmodelle, da weder das Simulationsmodell noch die Geometriedaten die notwendigen Informationen enthalten. Das Simulationsmodell ist oft nicht detailliert genug, um beispielsweise die Montage einzelner Teile oder die dabei benötigten Werkzeuge zu berücksichtigen. Im Gegenzug enthält das Produktmodell keine Informationen über die Verknüpfung von Teilegeometrien und individuellen Arbeitsprozessen.



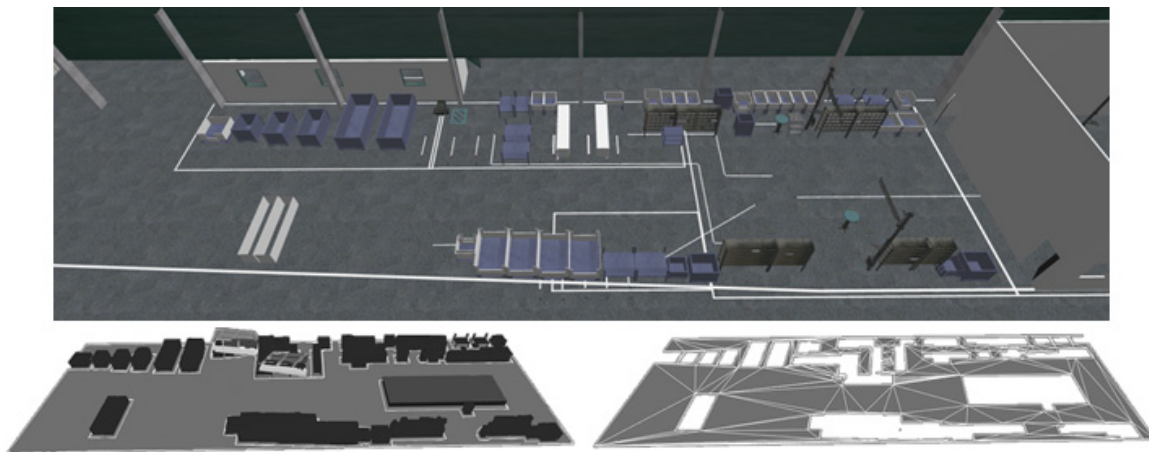
**Bild 4: IVR-Modelkomponenten und deren Verknüpfungen**

Importierte Prozessdefinitionen schließen diese Informationslücken und ermöglichen die Verknüpfung von Simulationsergebnissen mit Produkt- und Produktionsmittelgeometrien. Zusätzlich liefern Informationen aus dem Fabrikmodell die benötigten Lagedaten von im Simulationsmodell referenzierten Standorten, wie beispielsweise Stationen, Lagern und Regalen. Bild 4 gibt einen Überblick auf Verknüpfungen der beteiligten IVR-Modelkomponenten.

Informationen zum Aufbau eines dynamischen IVR-Modells, die nach dem Import der existierenden Datenquellen noch fehlen, müssen weitestgehend automatisch aus den bereits vorliegenden Daten erzeugt werden. Dazu gehören zum Beispiel Bewegungspfade von dynamischen Entitäten und Kinematiken von virtuellen Menschen und Robotern aber auch realistische Material- oder Beleuchtungsbeschreibungen.

Die Bewegung von ortsveränderlichen Objekten, wie Produkten, Produktionsmittel und Werkern in IVR-Modellen erfolgt auf Pfadobjekten. Diese einzelnen Pfade werden zu einem Netzwerk zusammengefasst. Es können statische oder dynamische Netzwerke verwendet werden. Statische Netzwerke werden aus den verfügbaren Datenquellen wie CAx-Systemen oder Simulationsmodellen generiert oder manuell erstellt. Diese Netzwerke verändern sich nicht während der Simulation bzw. Visualisierung. Da alle Pfade in einem statischen Netzwerk vor der Visualisierung definiert sind, eignen sich diese Netzwerke nicht für veränderliche Layouts und Prozessbeschreibungen.

Dynamische Netzwerke bestimmen die Pfade unter Verwendung von Methoden der automatischen Wegfindung (Snook 2000). Bild 5 zeigt die Vorbereitung eines Navigation-Meshes (Tozour et al. 2002) zur dynamischen Wegfindung innerhalb einer Station. Aufgrund des höheren Rechenaufwandes und der Echtzeit-Anforderungen von IVR-Modellen ist es jedoch wichtig, einen Mittelweg zwischen Detaillierung und Effizienz zu finden. Automatische Wegfindung, insbesondere in mehrstöckigen Systemen (Toll et al. 2011), benötigt neben dem klassischen Fabriklayout zusätzliche Kontextinformationen, um z.B. Ebenen, Treppen, Aufzüge oder Hindernisse eindeutig zu identifizieren (Fischer et al. 2010).



**Bild 5: Vorbereitung der Wegsuche, Layoutbereich (oben), statische Hindernisse (unten links) und Navigation-Mesh (unten rechts)**

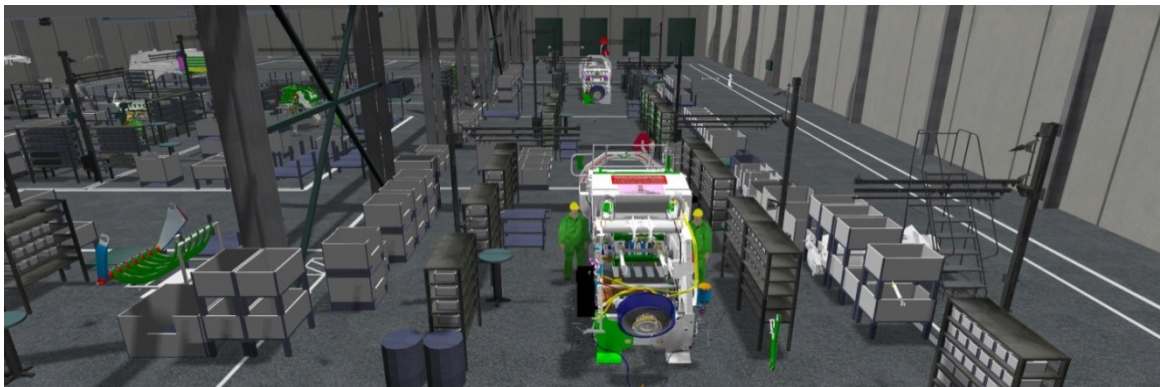
Verrichtungen der Werker können entweder unter Verwendung von Motion Capturing Verfahren empirisch erfasst oder mithilfe von Softwarewerkzeugen modelliert werden. Atomare Einheiten typischer manueller Arbeits- und Bewegungsabläufe werden in Bibliotheken gespeichert und nach Bedarf zu komplexen Animationen kombiniert. Die Vielfältigkeit der abgelegten Bewegungen kann von einfachen Lauf- bis hin zu komplexen Montageanimationen reichen.

Um Menschmodelle realistisch animieren zu können, muss das Skelett mit Knochen, Transformationen und Gewichtungen zu verschiedenen Zeitpunkten beschrieben werden

(Terzopoulos 2010). Die Darstellung dieser dynamischen Geometriemodelle erfolgt mithilfe von Skinning Verfahren, wie beispielsweise mit dem Dual Quaternion Blending (Kavan 2006).

## 8 Zusammenfassung & Ausblick

Im Beitrag wurden Möglichkeiten diskutiert, wie parallel zum Planungsprozess von Produktionssystemen mit geringem manuellem Aufwand IVR-Modelle generiert werden können. Der Schwerpunkt lag auf der Analyse potenzieller Datenquellen und auf der Entwicklung von automatisierten Workflows und Techniken für eine reibungslose Integration der heterogenen Datensätze. Die in diesem Artikel beschriebenen Ansätze wurden erfolgreich in mehreren Pilotprojekten in den Bereichen Produktion und Fertigung getestet. Bild 6 zeigt beispielhaft die detaillierte Visualisierung einer Endmontagelinie.



**Bild 6: Visualisierung eines IVR-Modells einer Endmontagelinie**

Weiterführende Arbeiten beschäftigen sich zum einen mit der weiteren Verfeinerung der IVR-Modelle durch Integration von detaillierten Montageanimation aus entsprechenden Ergonomie- und Prozessmodellierungswerkzeugen sowie den dafür benötigten Werkzeugen, Hilfs- und Fördermitteln. Zum anderen sollen Darstellungssysteme entwickelt werden, die für die Arbeit mit IVR-Modellen in besonderem Maße geeignet sind und den entsprechenden Anforderungen an Vernetzung, Berechnungskapazität, Interaktivität und Immersion gerecht werden.

## 9 Literatur

- Choi S, Jo H, Boehm S, Do Noh S (2010) An Integrated System for One-Stop Virtual Design Review. In: Tagungsband der Concurrent Engineering 2010
- Collin AJ, Ball DK, Romberger J (2014) Simulation visualization issues for users and customers. In: Tagungsband der Winter Simulation Conference 2014
- Eilers K, Rossmann J (2014) Modelling an AGV based facility logistics system to measure and visualize performance availability in a VR environment. In: Tagungsband der Winter Simulation Conference 2014
- Fischer M, Renken H, Laroque C, Schaumann G, Dangelmaier W (2010) Automated 3D-motion planning for ramps and stairs in intra-logistics material flow simulations. In: Tagungsband der Winter Simulation Conference 2010

- Fuhrmann S, Ackermann J, Kalbe T, Goesele M (2010) Direct resampling for isotropic surface remeshing. In: Tagungsband der Vision, Modeling and Visualization 2010
- Heckbert P, Garland M (1999) Optimal triangulation and quadric-based surface simplification. In: Computational Geometry, Vol. 14 (1999), No. 1-3, 49-65
- Hoppe H, Deroose T, Duchamp T, McDonald J (1993) Mesh Optimization. In: Tagungsband der 20. Annual conference on Computer graphics and interactive techniques SIGGRAPH
- Kavan V, Collins S, O'Sullivan C (2006) Dual Quaternions for Rigid Transformation Blending. Technical Report TCD-CS-2006-46
- Menck N, Weidig C, Aurich J (2013) Virtual Reality as a Collaboration Tool for Factory Planning based on Scenario Technique. In: Tagungsband der 46. Conference on Manufacturing Systems
- Papioannou G (2011) Real-time diffuse global illumination using radiance hints. In: Tagungsband der ACM SIGGRAPH Symposium on High Performance Graphics 2011
- Radax I (2008) Instant Radiosity for Real-Time Global Illumination. <http://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2008/radax-2008-ir/radax-2008-ir-paper.pdf>. Abgerufen am 01.04.2015
- Schilling A, Kim S, Weissmann D, Tang Z, Choi S (2006) CAD-VR geometry and meta data synchronization for design review applications. In: J. Zhejiang Univ.-Sci. Journal
- Schmitz M, Wenzel S (2013) Using 3D-Visualization in the Context of Discrete-Event Simulation - Significance and Development Trends. In: Tagungsband der ASIM SPL 2013
- Schoor W, Masik S, Hofmann M, Mecke R, Müller G (2007) Elbe Dom: 360 Degree Full Immersive Laser Projection System. In: Tagungsband der Virtual Environments IPT 2007
- SISO (2012) SISO-STD-008-01-2012: Standard for Core Manufacturing Simulation Data – XML Representation. Simulation Interoperability Standards Organization, Orlando
- Snook G (2000) Simplified 3D Movement and Pathfinding Using Navigation Meshes. Game Programming Gems, Charles River Media
- Surazhsky V, Gotsman C (2003) Explicit surface remeshing. In: Tagungsband der Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing 2003
- Szalay AS (2014) From simulations to interactive numerical laboratories. In: Tagungsband der Winter Simulation Conference 2014
- Terzopoulos D (2010) Simulating Humans and Lower Animals. In: Tagungsband der Motion In Games Conference 2010
- Toll W, Cook FA, Geraerts R (2011) Navigation Meshes for Realistic Multi-Layered Environments. In: Tagungsband der Conference on Intelligent Robots and Systems 2011
- Tozour P, Austin IS (2002). Building a Near-Optimal Navigation Mesh. AI Game Programming Wisdom, Cengage Learning
- VDI (2009) VDI Richtlinie 3633 Teil 11
- VDI (2011) VDI Richtlinie 4499
- Zilske M, Lamecker H, Zachow S (2008) Adaptive remeshing of non-manifold surfaces. In: Tagungsband der EUROGRAPHICS 2008

## **Teilkonferenz Wissensmanagement**

Die Notwendigkeit für ein systematisches Wissensmanagement (WM) wird in der Praxis kaum noch angezweifelt. Dem in Organisationen vorhandenen und genutzten Wissen wird dabei eine zentrale Bedeutung für deren Innovationsfähigkeit zugeschrieben. Deshalb sollte auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten die Bedeutung der Ressource Wissen nicht vernachlässigt werden, da sich Unternehmen, die auch in Krisenzeiten in ihre Innovationsfähigkeit investierten, oftmals besser entwickelten.

Es zeigt sich jedoch, dass Unternehmen mit ihrem Wissensmanagement oft nicht zufrieden sind. Dieser Umstand kann darin begründet sein, dass etablierte Maßstäbe bzw. Ansätze zur Evaluierung des Wissensmanagements noch fehlen. So finden sich in der Literatur kaum allgemein anerkannte Instrumente, die eine Beurteilung erlauben. Es bleibt damit auch im Unklaren, was das Wissensmanagement konkret leistet. Nicht nur in wirtschaftlich schwierigen Zeiten, die häufig mit Budgetkürzungen und Sparmaßnahmen einhergehen, sehen sich auch Wissensmanager bzw. CKOs mit einem hohen Rechtfertigungsdruck konfrontiert. Sie müssen die Aufwendungen für das Wissensmanagement begründen. Dafür ist es jedoch notwendig, dass auch der Nutzen bzw. der Erfolg von Wissensmanagementaktivitäten belegt werden kann. Neben der Auseinandersetzung mit inhaltlichen und aktuellen Themen aus dem Kontext des Wissensmanagements (s.u.) soll insbesondere die Auseinandersetzung mit nachweisbaren Wirkungen und der Erfolgsmessung im Wissensmanagement angeregt werden.

Wir möchten uns bei allen Einreichern, bei den Mitgliedern des Programmkomitees sowie den Organisatoren der MKWI bedanken, ohne die diese Teilkonferenz nicht möglich gewesen wäre.

*Markus Bick, Franz Lehner, Stefan Smolnik*

(Teilkonferenzleitung)



# Driven by News Tone? Understanding Information Processing when Covariates are Unknown: The Case of Natural Gas Price Movements

Simon Jonas Alfano<sup>1</sup>, Max Rapp<sup>1</sup>, Nicolas Pröllochs<sup>1</sup>, Stefan Feuerriegel<sup>1</sup>, and Dirk Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Freiburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, [simon.alfano@is.uni-freiburg.de](mailto:simon.alfano@is.uni-freiburg.de)

## Abstract

The instant dissemination of news in financial markets results in unprecedented amounts of unstructured data. Such unstructured data can reveal interesting insights into the information processing of investors. However, research on information processing of a large set of potential covariates is challenging since knowledge about covariates is frequently scarce. As a remedy, this paper advocates a framework for Big Data analytics that studies the influence of news sentiment on prices when covariates are unknown. First, we apply a LASSO regularization to identify relevant covariates. We then integrate these into a linear regression, incorporate a news sentiment variable and evaluate the news reception. This paper demonstrates our research framework by utilizing the natural gas market, finding a positive effect of news sentiment on the natural gas price at a statistically significant level.

## 1 Introduction

With the explosion of digital information, Big Data research has gained tremendous traction recently. Big Data promotes the instant availability of information for management, business applications and financial markets. Here, information can be of a qualitative nature and consists especially of textual data. This abundance of qualitative information represents an enormous resource of valuable insights for Big Data analytics (IBM 2013). According to previous Information Systems (IS) research, gaining knowledge means not only understanding the observed effect (e. g. a price change), but also the provision of a credible rationale for the effect's causes (Agarwal and Dhar 2014; Brodersen et al. 2015; Dhar 2013). As Tetlock et al. (2008) state, “*by quantifying language, researchers are able to examine and judge the directional impact of a limitless variety of events*”. Many IS research publications apply novel sophisticated methods to “*track the public's mood*” (Vinodhini and Chandrasekaran 2012), also referred to as sentiment analysis. Although still in its infancy, this domain helps in examining, for instance, how market participants process textual information. Sparking the interest of researchers, Antweiler and Frank (2004), as well as Tetlock (2007), are among the first to show an evident relationship between news content and stock market returns.

Although financial exchanges are commonly associated with stock markets, they also play a crucial role in commodity markets. However, research on information processing of unstructured data (e.g. news sentiment) in commodity markets is sparse and mostly concentrated on crude oil and gold (e.g. Borovkova and Mahakena 2015; Feuerriegel and Neumann 2013; Wex et al. 2013). Gas is an important commodity, since it is an energy source in residential, but also commercial and industrial sectors. Thus, natural gas prices are an important economic indicator (Nick and Thoenes 2014)

Gas-related literature has analyzed the effect on gas prices for a wide variety of structured, fundamental variables, ranging from gas-related factors, such as production and storage, to economic variables, such as Gross Domestic Product (GDP) and interest rates. Altogether, this gives a considerable number of potential drivers, while the true covariates are unknown. In this context, we suggest an approach for variable selection via the LASSO shrinkage method to integrate structured and unstructured information sources into explanatory econometric models. Thus, the contribution of this paper is twofold: first, we identify in a case study the most relevant control variables using a LASSO shrinkage method. Second, a huge amount of unexplained residual noise exists. Hence, we investigate the effect of news sentiment on the U. S. Henry Hub natural gas price. To extract news sentiment from textual data, news announcements will be transformed into a sentiment score, thereby using techniques from IS research (Feuerriegel and Neumann 2013).

The remainder of this paper is structured as follows. In Section 2, we provide an overview of the fundamental drivers affecting gas price movements and develop our research hypotheses. Section 3 introduces the concepts of news sentiment analysis and the LASSO shrinkage technique to select relevant control variables. Section 4 reports the obtained findings from our LASSO shrinkage and OLS regression with news sentiment. Section 5 concludes and provides a research outlook.

## 2 Related Work

In this section, we review previous research on determining the factors of natural gas price movements; since a holistic model seems unknown, we justify the need for IS research methods to select relevant covariates. In addition, the following review reveals that previous research does not comprehensively account for the effect of news sentiment or information processing on gas prices.

### 2.1 Driving Factors of Natural Gas Prices

Previous research has identified various factors that can potentially explain movements of the natural gas price as follows:

- **Cointegration with crude oil.** Several references analyze the relationship between crude oil and natural gas price. Villar and Joutz (2006) detect a short-run and a long-run cointegration relationship between the Henry Hub natural gas price and the Western Texas Intermediate (WTI) crude oil price. They conclude that a 1-month temporary 20 % shock to the crude oil price triggers a 5 % impact on natural gas prices. Whereas the aforementioned study assumes a direct relationship, Hartley et al. (2008) suggest the existence of an indirect relationship, which is accounted for by competition between natural gas and residual fuel oil. Hartley et al. (2008) are consistent with other academic literature (Brown and Yücel 2008; Mu 2007; Onour 2009) that factors, such as seasonal demand, inventories and hurricanes, additionally influence the dynamic adjustment of prices in the short-run. On top of that, Pindyck (2003) uses a GARCH model to provide evidence that crude oil volatility explains natural gas volatility but not vice versa.



- **Storage capacity.** Chiou-Wei et al. (2014) examine the behavior of U. S. natural gas futures and spot prices corresponding to a weekly report on gas storage compiled by the U. S. Energy Information Administration (EIA). Findings indicate a significant inverse relationship between the logarithmic futures prices and the change in *storage surprise*, where the actual change minus the expected change defines *storage surprise*. Linn and Zhu (2004) analyze the reaction of weekly gas storage surveys on intraday prices of the nearby futures contract traded on the NYMEX. Consistent with Chiou-Wei et al. (2014), they find significant short-term volatility of up to 30 minutes following a release.
- **Natural gas exports.** Moryadee et al. (2014) investigate the impact of several U. S. liquefied natural gas export scenarios on the worldwide markets for natural gas. Consistent with fundamental macroeconomic literature, they find that an increase in U. S. liquefied natural gas exports leads to higher prices in other markets.
- **Futures vs. spot prices.** Nicolau et al. (2013) explore the relationship between futures and spot prices in three commodity markets by estimating recursive bivariate VAR models. Their results indicate a cointegration between the natural gas and crude oil markets but none with the gold market. Moreover, prices for futures in the natural gas market Granger-cause spot prices.
- **Multi-factorial model.** Mu (2007) applies a GARCH model, which incorporates not only weather shocks, storage surprise and crude oil as exogenous variables, but also two proxies for economic conditions, namely, the 3-month Treasury Bill rate and the S&P 500 index. Findings reveal that weather shocks, storage surprise and crude oil have a statistically significant influence on futures returns, whereas the 3-month Treasury Bill rate and S&P 500 return are mostly non-significant. The model, even when controlling for weather shocks and storage surprise, in addition to the fundamentals, cannot explain approximately 40 % of the volatility.
- **News.** Lastly, Borovkova and Mahakena (2015) investigate the relationship between sentiment signals and market reactions for commodities. The authors perform a classical event study based on a binary positive/negative variable representing the news tone. As a result, they find the existence of an effect induced by news but cannot discriminate its strength on a full spectrum of news tone while simultaneously controlling for relevant covariates.

The aforementioned literature focuses predominantly on understanding the relationship between fundamental factors and the price of natural gas. Since gas needs to be stored physically, it does not trade as a (pure) asset. Thus, long-term procurement strategies drive market participants. To our knowledge, no previous research has ever examined the effect of textual information in news on the price of natural gas.

## 2.2 Information Processing

Recent research has developed tailored methodologies for financial Big Data applications. For instance, Information Systems (IS) research can analyze news information processing based on large sets of (unstructured) textual data (e. g. Cambria et al. 2013; Chen et al. 2012; Hilbert and López 2011). The textual content of news provides relevant facts beyond quantitative information, e.g. profits or earnings forecasts, through the tone of the language. The subjective tone of text documents can be assessed using so-called *sentiment analysis*. Thus, *Decision Analytics*, a research field of IS research, has emerged to evaluate the influence of news sentiment on financial markets (e. g. Antweiler and Frank 2004; Chen et al. 2012; Mittermayer and Knolmayer 2006). Prior research has investigated how human agents process the sentiment of financial news. Empirical

evidence suggests a statistically significant relationship between sentiment in financial news and stock market returns (e. g. Antweiler and Frank 2004; Tetlock 2007).

The above research streams mainly focus on asset markets and financial investment transactions. In contrast, markets, such as the gas market, work differently since goods have to be transferred physically and these are instantaneously backed by demand and supply factors. The next section addresses how to combine these fundamental drivers and news processing.

### 2.3 Research Gap: Tailored Model Generation to Study Information Processing

The previously detailed literature review highlights the fact that previous works cannot explain a significant portion of the volatility of natural gas prices and, as a remedy, this paper studies news content as a potential driver of price changes in order to contribute to information processing theory. The purpose of this research paper is to show how to apply novel IS research methodologies from the domain of Big Data analytics to cases in which potential covariates are unknown. While we want to contribute to a better understanding of the influence of news sentiment on natural gas prices in particular, we want to investigate holistically which factors drive natural gas prices the most. Therefore, we address the following research questions.

*Research Question 1: Which control variables explain gas price movements most reliably?*

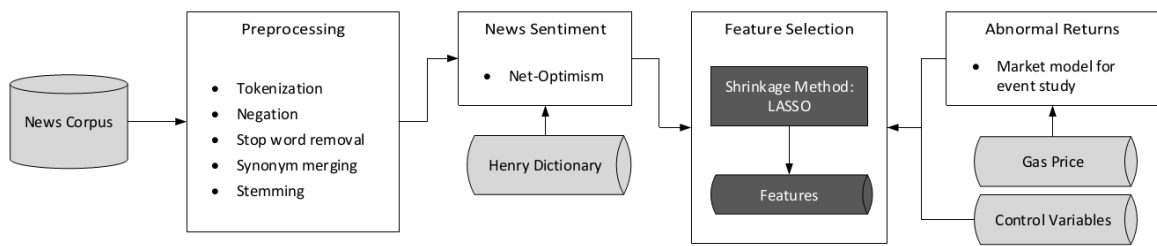
We utilize a shrinkage technique to identify relevant control variables that have a statistically significant effect on the natural gas price. For that purpose, we choose the so-called LASSO method as a common shrinkage method. This method is particularly well suited when knowledge on suitable covariates is rare. For instance, we are not aware of a sophisticated model that reflects price movements from which to generate a tailored one.

*Research Question 2: How does the information processing of textual news drive gas prices, i.e. to what extent does news sentiment affect abnormal returns of natural gas?*

We assess the impact of news sentiment on the Henry Hub natural gas price using OLS regressions and control for those control variables identified as the most relevant with the LASSO shrinkage method. Interestingly, our results identify news content as one of the main drivers of price changes.

## 3 Data Sources and Methodology

Figure 1 introduces the research methodology used in the subsequent analysis. We first filter gas-related news announcements and then preprocess the news announcements, eventually transforming textual content into machine-readable tokens. Next, we aggregate the daily frequencies of positive and negative tokens via the so-called Net-Optimism metric in order to compute the corresponding sentiment measure. In the final step, we apply the LASSO shrinkage method to identify the most relevant control variables and investigate the effect of news sentiment on the gas price.



**Figure 1: Research Methodology Utilizes News Sentiment and LASSO as a Shrinkage Method to Understand the Information Processing of Human Investors with Unknown Covariates**

As outlined in Section 2, we identified in our literature review a set of 16 control variables including economic, market, natural gas-related control variables (detailed overview of control variables in the appendix). For each control variable, we deploy the logarithmic returns. Table 1 provides the corresponding descriptive statistics.

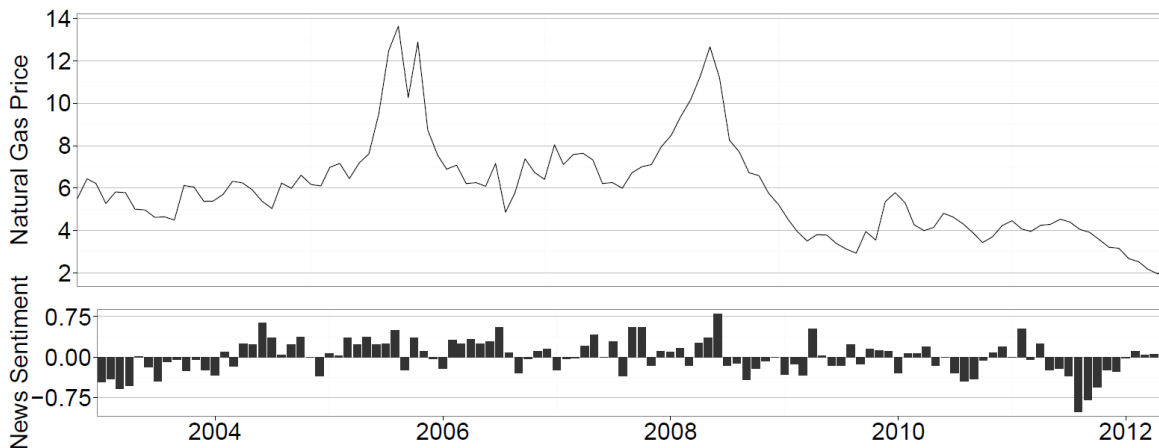
Variable Type	Variable Name	Freq.	Mean	Median	Min.	Max	Std.Dev	Skew.	Kurt.
Sentiment	Standardized Net-Optimism News Sentiment	Daily	0.0000	0.0000	-0.0002	0.0005	0.0000	3.9403	68.7006
Economic	U.S. GDP	Quarterly	0.434	0.569	-2.135	1.661	0.711	-1.676	3.505
Economic	U.S. Producer Price Index	Monthly	0.402	0.282	-1.607	3.165	0.626	1.277	4.874
Economic	U.S. Interest Rate	Daily	0.200	0.198	-	203.688	23.446	-0.381	24.684
Economic	U.S. Employment	Monthly	0.578	0.778	-3.152	2.637	1.012	-1.395	2.950
Economic	U.S. Industrial Production	Monthly	0.067	0.197	-4298	1.547	0.811	-2.124	7.624
Economic	U.S. Money Stock M1	Weekly	0.129	1.282	-9.916	6.365	3.327	-0.741	-0.448
Economic	U.S. Dollar Index	Monthly	-0.213	-0.388	-3.394	5.533	1.300	0.831	2.765
Market	Crude Oil Price	Daily	0.090	0.152	-15.190	16.413	2.485	0.009	4.857
Market	S&P 500 Index	Daily	0.011	0.082	-9.469	10.957	1.274	-0.207	9.088
Natural Gas	Natural Gas Production	Monthly	0.4518	0.763	-16.864	18.272	5.865	0.055	0.858
Natural Gas	Working Underground Storage	Monthly	0.015	1.551	-19.064	10.323	4.677	-0.918	0.689
Natural Gas	Rotary Rig Count	Monthly	-0.037	0.091	-6.076	5.145	1.518	-0.589	1.440
Natural Gas	U.S. LNG Imports	Monthly	-0.117	-4.430	-93.678	76.393	27.030	-0.054	1.426
Natural Gas	U.S. Pipeline Exports	Monthly	0.985	2.309	-59.714	36.969	16.386	-0.631	1.540
Natural Gas	Natural Gas Future Contracts	Monthly	-0.003	-0.106	-15.510	21.519	2.848	0.643	4.895
Natural Gas	U.S. Natural Gas Consumption	Monthly	-0.165	0.657	-34.855	46.404	19.433	0.274	-0.662

**Table 1: Descriptive statistics of time series (January 1, 2003 until May 31, 2012)**

### 3.1 Natural Gas Market

In this paper, we investigate the influence of news sentiment on the Henry Hub natural gas price. Figure 2 visualizes both time series. According to the plot, the Henry Hub natural gas price follows neither any clear long-term increase or decrease (i.e. trend) nor periodic variations, both

corroborating stationarity. However, its variance is variable over time and, consistent with Bolinger et al. (2003) and Lin and Wesseh, Jr. (2013), natural gas is one of the most volatile commodities.



**Figure 2:** Henry Hub Natural Gas Price (in \$ per million Btu) and the monthly average news sentiment from the Year 2003 until May 2012

The reason for focusing on the U. S. natural gas price is as follows: the U. S. Energy Information Administration (EIA) reported in the year 2010 that the U. S. accounted for 20 % to 25 % of worldwide energy consumption. Approximately 25 % of used energy in the U. S. is from natural gas. Natural gas is not only used in the residential, commercial and electricity sectors, but also eminently in the industrial sector, prompting natural gas prices as a closely observed economic indicator (Nick and Thoenes 2014). Furthermore, the most widely traded natural gas futures contract at the New York Mercantile Exchange (NYMEX) uses the Henry Hub natural gas spot price as the underlying reference price. The Henry Hub, located in Louisiana, is the largest gas transport node (Brown and Yücel 2008) and is interconnected with markets at the East Coast and in Midwest up to the Canadian Border (Mu 2007). All in all, the natural gas market in the U. S. determines the economic landscape to a considerable extent (Linn and Zhu 2004).

This analysis utilizes the abnormal returns of the natural gas price. Abnormal returns are an effective measure for market movements in event studies. For each event of interest, one predicts a normal return in the absence of an event and then estimates the difference between the actual and normal return which is defined as the abnormal return (MacKinlay 1997). We model the market portfolio using a commodity index, namely, the Dow Jones-UBS Commodity Index (Demirer and Kutan 2010), along with an event window of 10 trading days prior to the event.

### 3.2 News Processing and Sentiment Analysis

Our news corpus originates from the Thomson Reuters News Archive for Machine Readable News. We selected this news corpus for several reasons: Thomson Reuters transmits third-party, independent announcements faster than print media (MacGregor 2013; Paterson 2007), including online channels of print media. Thus, the news corpus is perfectly suitable to evaluate asset price reactions. The provided Reuters announcements span the period from January 1, 2003 until May 31, 2012 (more recent data not available). We only include business days, providing a total of 3,353 observation days. Furthermore, the Thomson Reuters information database enables us to effectively gather all announcements related to liquefied natural gas in the English language, while automatically removing personal opinions or alerts, which might have limited information content

and potentially be difficult to interpret. We discard announcements communicating changes in prices to avoid simultaneity in our statistical analysis. Overall, we yield a total of 184,108 liquid natural gas-related announcements.

Our news corpus is preprocessed by undertaking the following steps (Manning and Schütze 1999):

- **Tokenization.** Initially, each news announcement is tokenized into sentences and single words (Grefenstette and Tapanainen 1994).
- **Negation.** Negation leads to an inversion of the actual meaning of words (Vinodhini and Chandrasekaran 2012). The three words succeeding *no* are classified as negated. The same negation applies to terms such as *rather*, *hardly*, *couldn't*.
- **Stop word removal.** Language- or domain-specific stop words (prevalent articles, prepositions and pronouns) (Manning and Schütze 1999) not providing relevant significance such as *and*, *the*, *of* can be removed (Lewis et al. 2004).
- **Synonym merging.** Following a method known as *pseudoword* generation (Manning and Schütze 1999), words with a different spelling but same meaning are grouped.
- **Stemming.** As of Manning and Schütze (1999), the aim of stemming is to map akin words to the same stem and as long as inflected words are grouped jointly, the stem itself needs not to be a valid root form. This step employs the so-called Porter *stemming* algorithm (Porter 1980).

Next, we define the sentiment metric to analyze the news sentiment impact. In this paper, we utilize the Net-Optimism metric  $S_{NO}(S)$  along with Henry's Finance-Specific Dictionary since this combination is robust and frequently surpasses other dictionary approaches (e. g. Feuerriegel and Neumann 2013). The Net-Optimism approach can be extended to consider all news articles  $A$  on day  $t$ , yielding a sentiment value  $S_{NO}(t)$ . Let us denote the total count of positive words  $W_{pos}(A)$ , negative words  $W_{neg}(A)$  and all words  $W_{tot}(A)$  in all announcements  $A$  at day  $t$ . Then, the Net-Optimism metric (Demers and Vega 2010) is defined by

$$S_{NO}(t) = \frac{\sum_A W_{pos}(A) - W_{neg}(A)}{\sum_A W_{tot}(A)} \in [-1, +1] \text{ and } S^*(t) = \frac{S_{NO}(t) - \mu}{\sigma} \in [-\infty, +\infty], \quad (2)$$

where  $S^*(t)$  is the standardized variant with a zero mean and a standard deviation of one. Henceforth, we will refer in the following analysis to *news sentiment* when using the standardized Net-Optimism news sentiment score.

### 3.3 Shrinkage Method: LASSO

Because of e.g. multicollinearity, the ordinary least squares (OLS) technique can result in low predictive power. To overcome this problem, regularization techniques shrink some coefficient estimates towards zero: this increases the bias but improves the forecasting accuracy. A common choice (Hastie et al. 2013; Tibshirani 1996) of regularized least squares versions is the so-called *LASSO* (least absolute shrinkage and selection operator), defined by

$$\hat{\beta}_{LASSO} = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^N [y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j]^2 \text{ s. t. } \sum_{j=1}^p |\beta_j| \leq t. \quad (3)$$

or similarly

$$\hat{\beta}_{LASSO} = \arg \min_{\beta} \left( \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N [y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j]^2 + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j| \right). \quad (4)$$

The right term in equation (4) represents the penalty term  $L_1$ . Because of the  $L_1$  penalty term, the LASSO typically produces estimates in which some of the coefficients are set exactly to zero (Hastie et al. 2013). Thereby, the LASSO performs a feature selection. Selecting a good value of  $\lambda$  for the LASSO is critical; in practice, the parameter  $\lambda$  is tuned using cross-validation. The LASSO technique has been applied to electricity markets from which, for example, drivers of electricity consumption (Wang et al. 2007) and electricity prices (Suard et al. 2010) are identified. In our evaluation, we use an extended variant, the adaptive LASSO; the *adaptive* LASSO yields consistent estimates and avoids the spurious selection of noise predictors by using a weighted penalty (Zou 2006).

## 4 Results: How News Tone Drives Gas Price Movements

Given the diverse previous research on the driving forces of natural gas prices, we identify in a first step the most relevant control variables for the natural gas price. We then include these variables in a regression model with our standardized news sentiment score to assess the effect of news sentiment on gas prices when accounting for the most relevant control variables.

### 4.1 Constructing a Benchmark Price Model with the LASSO

To address Research Question 1, we construct a benchmark price model for the Henry Hub natural gas price. We take into consideration 16 control variables that we identified as partial drivers of the natural gas price (see Table 3). Next, we identify the relevant control variables by applying a LASSO shrinkage model to perform variable selection. In response to Research Question 1, our LASSO model reveals six relevant variables with a non-zero coefficient: the monthly natural gas production level, the weekly gas storage, the producer price index, the monthly pipeline exports, the U.S. GDP and the daily price changes for 3-months gas futures. In the following section, we use the relevant covariates when incorporating a component for news reception.

### 4.2 Evaluating Information Processing with LASSO Model

We now analyze information processing in commodity markets, the covariates of which have previously been unknown; more precisely, we study the impact of standardized news sentiment on the natural gas price. Hence, we utilize the aforementioned six LASSO-based control variables and integrate the selected covariates into a linear model estimated by ordinary least squares (OLS). We then extend the linear model by incorporating a news sentiment variable. In addition, we add two further covariates to control for missed market effects due to the use of abnormal returns. This enables the study of the influence of news sentiment when covariates have originally been unknown. Furthermore, we check for multicollinearity, autocorrelation and heteroscedasticity but find no indication that our results are confounded. In support of the property of the LASSO variable selection that it mitigates multicollinearity, we find no indication of multicollinearity among the variables of interest in our OLS regression, namely news sentiment, cumulative abnormal returns, the market alpha and the 6 LASSO selected covariates. The largest variance inflation factor is 1.530 for the market alpha. The results of our OLS regression in Table 2 reveal that news sentiment has a robust positive relationship with the natural gas price at a statistically significant level even when adding additional variables in a stepwise OLS regression. Here, the influence of news sentiment in regression (i) accounts for a  $t$ -statistics of -2.594 with a  $P$ -value of below 0.01.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
Intercept	-0.406 (-0.51)	-0.415 (-0.532)	1.088 (-1.474)	1.109 (-1.924)	2.068*** (-3.368)	-0.739 (-0.883)	1.755 (1.31)	4.456 (1.57)	4.148 (-1.512)
<b>News Sentiment</b>	0.239*** (-3.32)	0.26*** (-3.644)	0.277*** (-4.102)	0.274*** (-4.102)	0.272*** (-4.097)	0.272*** (-4.097)	0.272*** (-4.097)	0.272*** (-4.097)	0.167** (-2.594)
Cum. Abnor. Ret.		-0.075*** (-10.91)	0.013 (-1.764)	0.013 (-1.764)	0.014 (-1.856)	0.014 (-1.856)	0.014 (-1.856)	0.014 (-1.856)	0.009 (-1.206)
Market Model $\alpha$			-1.576*** (-21.46)	-1.576*** (-21.46)	-1.553*** (-21.15)	-1.553*** (-21.15)	-1.553*** (-21.15)	-1.553*** (-21.15)	-1.486*** (-20.86)
Production Data				0.017 (0.085)	-0.346 (-1.605)	0.348 (-1.949)	-0.605 (-1.956)	-0.127 (-1.815)	-0.108 (-1.602)
Storage Data					0.161*** (-4.442)	0.161*** (-4.442)	0.161*** (-4.442)	0.161*** (-4.442)	0.154*** (-4.389)
Producer Price Index						2.217* (-2.338)	-1.094 (-0.726)	1.302* (-2.301)	1.242* (-2.269)
Pipeline Exports							0.25* (-2.324)	0.157* (-2.415)	0.146* (-2.321)
U.S. GDP								-10.464 (-1.751)	-9.744 (-1.687)
3-Month Fut. Price									0.333*** (14.906)
AIC	18670.4	18547.7	18160.4	18160.4	18142.0	18142.0	18142.0	18142.0	17916.4
BIC	19372.7	19256.2	18875.0	18875.0	18862.7	18862.7	18862.7	18862.7	18643.1
Mult. $R^2$	0.048	0.082	0.192	0.192	0.197	0.197	0.197	0.197	0.246
Adj. $R^2$	0.014	0.049	0.163	0.163	0.167	0.167	0.167	0.167	0.218
Stated: Coef. and t-Stat. in Parenthesis    Dummies: Month    Obs.: 3318    Signif.:*** 0.001, ** 0.01, * 0.05									

Table 2: OLS Regression with LASSO-Based Covariates to Study Information Processing

## 5 Conclusion and Outlook

With the advent of Big Data, one can now successfully exploit the pervasive availability of qualitative information. However, “*traditional*” research tools to assess the driving factors of prices have largely neglected qualitative information, implying scarce knowledge about the price implications of qualitative information. Notwithstanding, understanding market participants’ reactions to both qualitative and quantitative information is an increasingly important task for decision makers. To contribute to this emerging need for researchers and practitioners, we analyze the effect of news sentiment in markets where knowledge on relevant covariates is scarce.

In this paper, we advocate a framework to study information processing when covariates are unknown: we first apply the LASSO shrinkage method to identify potentially relevant variables reported as drivers of natural gas prices in literature. The LASSO technique suggests that only six variables are fundamental to our price model. Next, we ran an OLS regression of news sentiment on gas price returns, including our LASSO-based control variables. Our empirical evidence reveals news sentiment as a statistically significant driver when including the LASSO-based controls.

For future work, LASSO variable selection is a powerful set of tools for the tailored selection of control variables when covariates are unknown. This is particularly beneficial when studying the influence of information processing in a domain with a wide range of established quantitative drivers (e.g. such as in the gas market). Variable selection becomes increasingly more important in Information Systems research given the ever increasing data availability. To further this research, formal model selection process could contribute to exploratory model selection when facing large datasets of structured and unstructured data with unknown covariates. Further research should also account for and benchmark alternative variable and model selection approaches.

## 6 Appendix: List of Potential Covariates

Control Variables	Freq.	Details	References	LASSO
<b>Economic Variables</b>				
U.S. GDP	Quarterly	Real GDP; seasonally adjusted	Pirog (2005)	
U. S. Producer Price Index	Monthly	Oil and gas field: machinery and equipment		✓
U. S. Interest Rate	Daily	3 month T-bill: secondary market rate; not seasonally adjusted	Mu (2007), Pindyck (2003), Sadorsky (2002)	✓
U. S. Employment	Monthly	All employees in mining, oil, gas extraction support activities (in 1000s)		
U. S. Industrial Production	Monthly	Seasonally Adjusted	Serletis and Shahmoradi (2005)	
U. S. Money Stock M1	Weekly	Not seasonally adjusted	Cutler et al. (1989), Tandon and Ulrich (1987)	
U. S. Dollar Index	Monthly	Real trade weighted dollar index: broad; not seasonally adjusted	Le and Chang (2012)	
<b>Market Variables</b>				
Crude Oil Price	Daily	WTI dollar per barrel; not seasonally adjusted	Bachmeier and Griffin (2006), Brown and Cliff (2005), Brown and Yücel (2008), Hartley et al. (2008), Mu (2007), Onour (2009), Pindyck (2003), Villar and Joutz (2006)	✓
S&P 500 Index	Daily		Cutler et al. (1989), Mu (2007)	
<b>Natural Gas-Related Variables</b>				
Natural Gas Production	Monthly	U. S. Henry Hub marketed production (in MMcf)	Brown and Yücel (2008), Hartley et al. (2008)	✓
Working Underground Storage	Weekly	Lower 48 states (in Bcf)	Bolinger et al. (2003), Brown and Cliff (2005), Brown and Yücel (2008), Chiou-Wei et al. (2014), Hartley et al. (2008), Linn and Zhu (2004), Mu (2007), Nick and Thoenes (2014)	✓
Rotary Rig Count	Weekly	North America rotary rig count onshore & offshore		✓
U. S. LNG Imports	Monthly	Imports from world (in MMcf)	Moryadee et al. (2014), Villar and Joutz (2006)	✓
U. S. Pipeline Exports	Monthly	Exports to Canada and Mexico (in MMcf)	Arora and Cai (2014), Sarica and Tyner (2013)	✓
Natural Gas Future Contracts	Daily	NYMEX Henry Hub Natural Gas futures 3 month	Movassagh and Modjtahedi (2005), Nico-lau et al. (2013)	✓
U. S. Natural Gas Consumption	Monthly	Deliveries to residential, commercial and electric power consumers (in MMcf)	Brown and Yücel (2008), Hartley et al. (2008), Mu (2007), Onour (2009)	

**Table 3: List of Control Variables Considered in LASSO Shrinkage Model**



## 7 References

- Agarwal R, Dhar V (2014) Editorial —Big Data, Data Science, and Analytics: The Opportunity and Challenge for IS Research. *Information Systems Research* 25(3):443–448
- Antweiler W, Frank MZ (2004) Is All That Talk Just Noise? The Information Content of Internet Stock Message Boards. *J Finance* 59(3):1259–1294
- Bolinger M, Wiser R, Golove WH (2003) Accounting for Fuel Price Risk: Using Forward Natural Gas Prices Instead of Gas Price Forecasts to Compare Renewable to Natural Gas-Fired Generation. Working Paper, Berkeley, CA
- Borovkova S, Mahakena D (2015) News, Volatility and Jumps: The Case of Natural Gas Futures. *Quantitative Finance* 15(7):1217–1242
- Brodersen KH, Gallusser F, Koehler J, Remy N, Scott SL (2015) Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. *Ann. Appl. Stat.* 9(1):247–274
- Brown SPA, Yücel MK (2008) What Drives Natural Gas Prices? *The Energy Journal* 29(2)
- Cambria E, Schuller B, Xia Y, Havasi C (2013) New Avenues in Opinion Mining and Sentiment Analysis. *IEEE Intell. Syst.* 28(2):15–21
- Chen H, Chiang RRL, Storey VC (2012) Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly* 36(4):1165–1188
- Chiou-Wei S, Linn SC, Zhu Z (2014) The Response of U.S. Natural Gas Futures and Spot Prices to Storage Change Surprises: Fundamental Information and the Effect of Escalating Physical Gas Production. *Journal of International Money and Finance* 42:156–173
- Demers EA, Vega C (2010) Soft Information in Earnings Announcements: News or Noise? INSEAD Working Paper No. 2010/33/AC. SSRN Journal
- Demirer R, Kutun AM (2010) The Behavior of Crude Oil Spot and Futures Prices around OPEC and SPR Announcements: An Event Study Perspective. *Energy Economics* 32(6):1467–1476
- Dhar V (2013) Data science and prediction. *Commun. ACM* 56(12):64–73
- Feuerriegel S, Neumann D (2013) News or Noise? How News Drives Commodity Prices. In: *Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2013)*. Association for Information Systems
- Grefenstette G, Tapanainen P (1994) What Is a Word, What Is a Sentence? Problems of Tokenization, Meylan, France
- Hartley PR, III, Kenneth B Medlock, Rosthal JE (2008) The Relationship of Natural Gas to Oil Prices. *The Energy Journal* 29(3):47–65
- Hastie TJ, Tibshirani RJ, Friedman JH (2013) *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd. Springer, New York, NY
- Hilbert M, López P (2011) The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. *Science* 332(6025):60–65
- IBM (2013) The Four V's of Big Data. <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>. Accessed 21 April 2014
- Lewis D, Yang Y, Rose T, Li F (2004) RCV1: A New Benchmark Collection for Text Categorization Research. *Journal of Machine Learning Research* 5:361–397
- Lin B, Wesseh PK, Jr. (2013) What Causes Price Volatility and Regime Shifts in the Natural Gas Market. *Energy* 55:553–563
- Linn SC, Zhu Z (2004) Natural Gas Prices and the Gas Storage Report: Public News and Volatility in Energy Futures Markets. *J. Fut. Mark.* 24(3):283–313

- MacGregor P (2013) International News Agencies: Global Eyes that Never Blink. In: Fowler-Watt K, Allan S (eds) *Journalism: New Challenges*. Centre for Journalism & Communication Research, Bournemouth University, pp 35–63
- MacKinlay AC (1997) Event Studies in Economics and Finance. *Journal of Economic Literature* 35(1):13–39
- Manning CD, Schütze H (1999) *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. MIT Press, Cambridge, MA
- Mittermayer M, Knolmayer GF (2006) Text Mining Systems for Market Response to News: A Survey. Working Paper, Bern, Switzerland
- Moryadee S, Gabriel SA, Avetisyan HG (2014) Investigating the Potential Effects of U.S. LNG Exports on Global Natural Gas Markets. *Energy Strategy Reviews* 2(3–4):273–288
- Mu X (2007) Weather, Storage, and Natural Gas Price Dynamics: Fundamentals and Volatility. *Energy Economics* 29(1):46–63
- Nick S, Thoenes S (2014) What Drives Natural Gas Prices?: A Structural VAR Approach. *Energy Economics* 45:517–527
- Nicolau M, Palomba G, Traini I (2013) Are Futures Prices Influenced by Spot Prices or Vice-versa? An Analysis of Crude Oil, Natural Gas and Gold Markets. Working Paper, Ancona, Italy
- Onour IA (2009) Natural Gas Markets: How Sensitive Are They to Crude Oil Price Changes? *OPEC Energy Review* 33(2):111–124
- Paterson C (2007) International News on the Internet: Why More is Less. *Ethical Space: The International Journal of Communication Ethics* 4(1/2):57–66
- Pindyck RS (2003) Volatility in Natural Gas and Oil Markets. Working Paper, Cambridge, MA
- Porter MF (1980) An Algorithm for Suffix Stripping. *Program* 14(3):130–137
- Suard F, Goutier S, Mercier D (2010) Extracting Relevant Features to Explain Electricity Price Variations. In: 7th International Conference on the European Energy Market (EEM 2010). IEEE Computer Society, Madrid, pp 1–6
- Tetlock PC (2007) Giving Content to Investor Sentiment: The Role of Media in the Stock Market. *J Finance* 62(3):1139–1168
- Tetlock PC, Saar-Tsechansky M, Macskassy S (2008) More than Words: Quantifying Language to Measure Firms' Fundamentals. *J Finance* 63(3):1437–1467
- Tibshirani R (1996) Regression Shrinkage and Selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 58(1):267–288
- Villar JA, Joutz FL (2006) The Relationship Between Crude Oil and Natural Gas Prices. Report, Washington, DC
- Vinodhini G, Chandrasekaran RM (2012) Sentiment Analysis and Opinion Mining: A Survey. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* 2(6):282–292
- Wang H, Li G, Tsai C (2007) Regression Coefficient and Autoregressive Order Shrinkage and Selection via the LASSO. *J Royal Statistical Soc B* 69(1):63–78
- Wex F, Widder N, Liebmann M, Neumann D (2013) Early Warning of Impending Oil Crises Using the Predictive Power of Online News Stories. In: 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), pp 1512–1521
- Zou H (2006) The Adaptive Lasso and Its Oracle Properties. *Journal of the American Statistical Association* 101(476):1418–1429

# Knowledge Management in Customer Integration: A Customer Input Management System

Kathrin Füller<sup>1</sup>, Elias Abud<sup>1</sup>, Markus Böhm<sup>1</sup>, and Helmut Krcmar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical University of Munich, Chair for Information Systems, [kathrin.fueller@in.tum.de](mailto:kathrin.fueller@in.tum.de)

## Abstract

Customers can take an active role in the innovation process and provide their input (e.g., ideas, idea evaluations, or complaints) to the different phases of the innovation process. However, the management of a huge amount of unstructured customer input poses a challenge for companies. Existing software solutions focus on the early stages of idea management, and neglect the interoperability of tools, sharing, and reuse of customer inputs across innovation cycles and departments. Following the design science approach, we address this research gap by designing and evaluating a prototypical software platform, the “Customer Input Management System”. We derive functional and non-functional requirements that the software needs to meet from literature and by interviewing experts working in the fields of innovation management, product development, and marketing. The software provides practitioners with helpful functions for importing, exporting, tagging, and analyzing customer input to derive beneficial knowledge for innovation development.

## 1 Introduction

Companies often fail to deliver products that meet customer expectations (Matzler and Hinterhuber 1998). To overcome the challenge of better understanding market demand and customer needs, companies can assign their customers a more active role in the innovation process (Chesbrough 2003). Customers can participate in the innovation process by providing input in the form of information on their needs, ideas for new products or services as well as evaluations of ideas to support the company in deciding which ideas to pursue further. Later in the innovation process, customers can test and evaluate product and software prototypes to identify design flaws or missing functionalities (Dahan and Hauser 2002). Customer inputs can be obtained by companies through the application of different IT-based or face-to-face customer integration methods including online idea competitions, virtual concept testing, or focus groups (Dahan and Hauser 2002; Zogaj and Bretschneider 2012).

These sources often result in a huge amount of heterogeneous and unstructured data which presents companies with the challenge of managing and transferring customer input into useful and relevant knowledge for innovation development (Füller et al. 2015). Further, since customer integration methods can be expensive for the company to conduct and can also be cumbersome for customers

to participate (Fähling et al. 2011), customer input needs to be shared across departments and innovation networks to facilitate reuse of customer input.

Despite the ongoing research on the integration of customers into innovation processes, there is a paucity of research focusing on how to manage customer input (Yang and Chen 2008; Zhang et al. 2011). There is a lack of suitable solutions and languages for knowledge sharing, reuse, and integration across departments (Song et al. 2013). There are different guidelines and software tools used in different departments to manage customer input. This complicates communication and interoperability, and hinders the reuse of data (Franco et al. 2010). Therefore, following the design science approach (Hevner 2007) this paper aims to develop and evaluate a software platform for the management of customer inputs in order to solve the challenge of unstructured information and the elicitation of beneficial knowledge for the innovation process. The software platform is called Customer Input Management System (CIMS) and will support the innovation management staff to import, store, evaluate, edit, filter, and reuse customer inputs. Additionally, the CIMS will provide the user with analysis tools to derive meaningful knowledge and competitive advantage.

The remainder of this paper is structured as follows. First, we present the theoretical background on knowledge management in customer integration. Second, the research methodology is described. Third, the findings from the literature review and the expert interviews are presented. Fourth, information on the design, implementation, and evaluation of the CIMS are provided. We conclude with implications and limitations of this research as well as possibilities for future research.

## 2 Knowledge Management in Customer Integration

We are living in a knowledge society in which the importance of knowledge is ever increasing (Nonaka 1994). The knowledge-based theory of the firm, an extension of the resource-based view, considers the resource “knowledge” as most strategically important for companies since knowledge is intangible, dynamic, and difficult for competitors to imitate (Grant 1996). Especially knowledge creation in form of innovation is key to organizational growth and competitiveness (Nonaka 1994). For companies to create innovations, customers as important external sources of knowledge need to be considered (Chesbrough 2003; Wilhelm et al. 2013). Research on customer knowledge management distinguishes in three customer knowledge flows: 1) *Knowledge for customers* on e.g., product range, required for the buying process; 2) *Knowledge about customers* to address them in personalized ways, 3) *Knowledge from customers* about products, and services to ensure continuous improvement (Gebert et al. 2002; Wilhelm and Gueldenberg 2014; Wilhelm et al. 2013). In this paper, we focus on the latter customer knowledge flow and the use of information systems implementations that facilitate companies in capturing, creating, and sharing customer knowledge in order to innovate (von Krogh 2012).

Existing information systems implementations to support companies’ open innovation initiatives can be categorized in idea management systems, user feedback systems, and open innovation marketplaces (Leitzelman and Trousse 2011). Idea management systems allow companies to collect their customers’ ideas, and subsequently, evaluate, analyze, and select ideas to pursue further. Tools dedicated to customer feedback such as the software solution by Kampyle help companies to trigger feedback invitations on their websites based on the user’s behavior on the website (e.g., when the user is about to leave the website, abandons a transaction). In contrast, open innovation marketplaces refer to crowdsourcing platforms that bring together solution seekers and innovators (Hrastinski et al. 2010; Leitzelman and Trousse 2011).

Hence, on a rather operational level customer integration research focuses on the application of information systems to gather customer input and co-create innovations with customers (Hrastinski et al. 2010; Wilhelm et al. 2013). However, administrative information systems to manage overflow of customer inputs are scarce. Further, research focuses on the early stages of the innovation process including idea generation and evaluation (Hrastinski et al. 2010). However, knowledge management systems need to be capable of capturing and sharing the valuable input that customers can provide along all phases of the innovation process (e.g., concepts, prototype tests).

### 3 Research Methodology

In previous research, we developed the Customer Input Ontology to provide a common understanding and interchange format of different types and characteristics of customer input across departments and companies (Füller et al. 2015). Taking the Customer Input Ontology as a basis, we followed the design science paradigm, and the corresponding three cycle view to design, build, and evaluate an IT artifact that solves the challenge of managing customer input (Hevner 2007). The *rigor cycle* considers the integration of existing knowledge into the design of new IT artifacts as well as the advancement of general understanding through the design of IT artifacts. The *relevance cycle* includes requirements from the application environment which need to be considered in the design of IT artifacts in order to improve important and relevant business problems. The *design cycle* covers the iterative design and evaluation of IT artifacts (March and Smith 1995). In the following, we describe how we followed these three cycles to design, build, and evaluate the CIMS.

#### 3.1 Rigor Cycle

In order to ensure rigor of our research, we conducted a literature review as recommended by Webster and Watson (2002). As the concepts of open innovation and knowledge management are studied in different disciplines, we selected databases that allow access to different research fields. We searched the databases IEEE, ScienceDirect, and EbscoHost with combinations of the keywords "knowledge management", "software" or "requirements", AND "open innovation" or "customer integration" to 1) learn about existing knowledge management tools specifically in the field of customer integration, their advantages, and disadvantages, and 2) to derive requirements for the design of a software platform that facilitates companies in managing customer inputs (see Table 1).

	IEEE		ScienceDirect		EbscoHost	
Keywords combinations	Identified	Relevant	Identified	Relevant	Identified	Relevant
"Open innovation" AND "knowledge management"	49	3	44	3	13	2
"Customer integration" AND "knowledge management"	59	2	14	1	2	0
"Open innovation" AND "requirements"	92	2	49	0	6	0
"Open innovation" AND "software"	166	2	111	2	18	0
Total (relevant without duplicates)	17					

**Table 1: Overview of identified and relevant papers**

We initially found 623 papers through our keywords search. In the first screening process, we read title, abstract, and keywords of all 623 papers to evaluate their relevance. This first screening process resulted in 45 papers. In a second screening process we read all 45 papers and identified 17 papers that were relevant for the underlying research. In both screening processes, papers that answered the following questions have been evaluated as relevant: What kinds of customer inputs can be gained from customers? What kinds of processes and methodologies are used to organize customer inputs? What software and tools are used to organize customer inputs? How do companies turn customer information into knowledge that is useful and relevant for innovation development?

### 3.2 Relevance Cycle

To ensure the relevance of our research, we conducted expert interviews to elicit requirements from the application environment on the design of the CIMS. We conducted interviews with 12 experts working in the fields of innovation management, software and product development, sales, and marketing, where they experience the challenge of managing different types of customer input in everyday business (see Table 2). To ensure comparability between all 12 interviews, we used a semi-structured interview guideline (Gläser and Laudel 2009; Miles and Huberman 1994). Experts were asked about 1) the customer inputs that are collected in their company, 2) the customer integration methods used to obtain customer inputs, 3) the software solutions used to manage customer inputs, 4) the approaches and processes applied to derive business value from customer inputs, and 5) the requirements that they expect the CIMS to fulfil.

ID	Industry	Experience in this field (years)	Interview duration (minutes)	Position
I1	Health	7	17	Director sales & marketing
I2	Automobile	20	12	Vice president
I3	Online services	15	13	General manager/ founder
I4	Software	7	18	QA team leader
I5	Software	5	14	Director
I6	Semiconductor	3	17	Strategic planner
I7	Software	10	13	R&D group manager
I8	Software	3	14	Strategic planner
I9	Software	7	20	Senior developer
I10	Software	7	13	Product manager
I11	Semiconductor	15	15	Director marketing
I12	Fashion	20	17	Director customer experience

**Table 2: List of interviews**

The interviews were carried out via phone or face-to-face meetings. Interview sessions lasted 15 minutes on average. When allowed, the interviews were voice recorded, transcribed, and checked for accuracy by the interviewee. In five interviews we manually took notes, as voice recording was not allowed. Data was collected from February to May 2015. The collected data was analyzed using qualitative content analysis (Gläser and Laudel 2009; Miles and Huberman 1994).

### 3.3 Design Cycle

Based on requirements and insights gained through the rigor and relevance cycle, we derived requirements for the design and evaluation of the CIMS. For instance, we found that the software platform needs to be implemented as a collaborative tool that fosters interoperability and allows different users to simultaneously use the tool. This can be achieved through ontology-based tools (Riedl et al. 2009) and an online service since application users are located in different locations. Finally, through a survey of 18 experts we evaluated the CIMS with regard to the implementation of the requirements and its usefulness (see section 4.4).

## 4 Results

In the following, we present the results of our literature review and the experts interviews. In section 4.1 we provide information on the employed approaches in practice to manage customer input, section 4.2 describes the requirements for the design of the CIMS, section 4.3 describes the architecture of the CIMS, and section 4.4 finally provides the evaluation results of the CIMS.

### 4.1 Approaches to Manage Customer Input in Practice

In our expert interviews we found that companies frequently discuss customer input in personal meetings. While this approach may be valuable to discuss, share, and evaluate customer input, it does not allow formal documentation, sharing, or reuse of customer input across departments.

Organizations appear to have little maturity in tool support for managing customer inputs. Standard office tools and tweaked solutions for special purposes (e.g., CRM or requirements management tools) seem to be predominant. The approach of managing customer inputs with Microsoft Office solutions raises problems of simultaneous work, tracking of changes, and versioning: *“We do not use specific software, we use Microsoft office tools like PowerPoint, SharePoint, and Excel. The data is stored in the emails and then they are transferred into Excel with our comments. The advantage here is mostly flexibility. The disadvantages are: not well organized, we search customer input with the search engine of Microsoft Windows, and there is data redundancy since many inputs are written in different places.”* Some departments, create their own software solution to manage customer input. This knowledge management approach hinders interoperability, sharing, and reuse of customer input: *“We have an internal software to manage all customer requirements. This software was built internally to exactly suit the company’s needs. However, it might limit the productivity in collecting and handling requirements.”*

The problem of interoperability of software solutions as well as knowledge sharing and reuse is further amplified by different departments using different software solutions to deal with different types of customer input. For instance, an expert working in software development mentioned the solution of AGM HP which allows the tracking of requirements, test of applications, and the status of projects. Another expert responsible for sales and marketing uses the software CRM Zoho. The purpose of Zoho is to track sales activities and customers in the sales cycle. Further, it allows companies to gather information relevant for sales and future sales opportunities.

In the expert interviews, we identified four main user groups: product developer, project manager, software developer, and marketing manager. Each user group has different usage intentions, corresponding needs, and required functionalities. This challenge can be solved by the CIMS

through the implementation of role-based access control and the structured collection of different types of customer input in a unified format.

## 4.2 Requirements

Based on the literature review and the expert interviews, we derived requirements for the design of the CIMS. The requirements were categorized as functional and non-functional requirements (see Table 3). Functional requirements define what a system is supposed to do. In contrast, the non-functional requirements refer to e.g., security, or usability of a system (Sommerville 2004).

Functional requirement	Description	Source
Database	The software needs a knowledge base to store customer inputs, and to upload and attach corresponding documents.	Zhang et al. (2011) Interviews I1, I2, I4, I5, I6, I9, I12
Documentation	Customer inputs can be modified by different stakeholders. A history and documentation might be helpful to understand the development path (e.g., who changed what and when).	Interviews I2, I5, I6
Data entry/ data import	Entering information and the import of data from external sources into the software platform is important (e.g., import of text files and emails; interface to IT-based customer integration methods such as idea competitions).	von Krogh (2012) Interviews I1, I5, I8
Data search	The software must offer the possibility to search, filter, and fetch data from the database.	Interviews I1, I4, I8
Data export/ data sharing	The data can be exported and saved in different formats (e.g., CSV format) to be used in other software and tools.	Interview I6
Links/ tags	Inputs provided by different customers may concern the same content, product, or service. The software needs to link different customer inputs with each other.	Carbone et al. (2012) Interviews I1, I5, I8
Input evaluation	To evaluate and filter relevant customer input, the system needs to assist the evaluation of customer input with different evaluation criteria.	Blohm et al. (2011) Interviews I1, I5, I8
Reporting and analysis tools	The software needs to visually present data and knowledge using charts and statistical tools. The system should incorporate structure analysis tools to analyze customer input and to identify success factors in customer integration.	Carbone et al. (2012) Interviews I1, I2, I4, I6, I8, I12
Non-functional requirement	Description	Source
Security/ access control	The access of people to the data as well as the ability of an individual user to perform a specific task, such as view, create, or modify data needs to be controlled.	von Krogh (2012) Interview I6
Collaboration/ interoperability	An ontology can serve as a basis to foster common understanding, interoperability between tools, and cross-enterprise collaboration.	Riedl et al. (2009) Interviews I1, I2, I4, I5, I6, I9, I12
Intuitive and easy to use	The software should have an intuitive user interface that makes the software friendly to use and easy to understand.	Interviews I1, I10, I11

**Table 3: Functional and non-functional requirements**

Compared to existing knowledge management systems, the CIMS needs to consider two major aspects which are defined by the requirements "Collaboration/ interoperability" and "Links/ tags"



that enable company-wide or cross-company sharing and reuse of customer input as well as the tracking of evolution of customer input over time (e.g., from idea to concept to prototype).

### 4.3 Architecture of the Customer Input Management Systems

The architecture of the CIMS consists of 3 tiers: *Presentation Tier*, *Business Logic Tier*, and the *Data Tier*. The *Data Tier* describes the lowest layer which is also located on the server side. The data tier saves data securely. We used PostgreSQL as well as the Customer Input Ontology (Füller et al. 2015) to derive the data schema. The ontology provides a common customer input data interchange format that supports interoperability between tools (Riedl et al. 2009). The Data Tier is considered to be highly important because it contains all data; if it gets lost or hacked, companies could lose valuable business data. To meet the requirement “Security/ access control” we limited access to the software through user accounts and passwords.

The *Business Logic Tier* is developed on the server side. The interaction with the frontend is implemented with AJAX and JSON. The interaction between the Business Logic Tier and the Data Tier is implemented with the Java Persistence API. In the Business Logic Tier, we implemented the functions and algorithms needed to meet the identified requirements. For instance, to meet the requirement “Links/ tags” we implemented a functionality to parse a text provided by customers to automatically suggest product related keywords to the user. Figure 1 (bottom right) shows the availability of this functionality through the user interface. This functionality can support the user in tagging customer inputs. The user only has to decide whether these keywords are relevant or not. Finally, these keywords can be used in business intelligence to derive knowledge from the database.

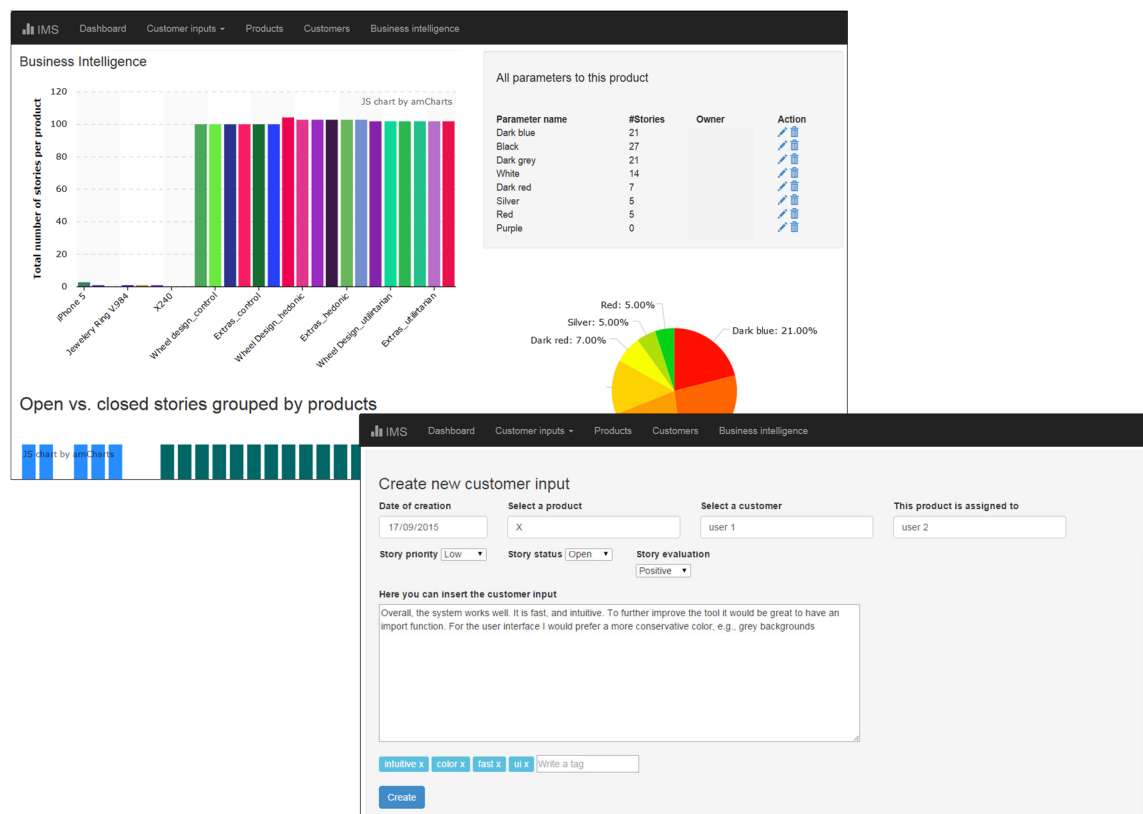


Figure 1: User interface

The *Presentation Tier* refers to the user interface that allows the user to interact and query information from the CIMS. Figure 1 illustrates the user interface to the CIMS and some of the available functions. For instance, through the user interface users can insert and manually tag customer input. This function meets the requirement “Links/ tags” and is illustrated in Figure 1 (bottom right). To meet the requirement “Reporting and analysis tools”, users can analyze and graphically/ visually present data (see Figure 1, top left).

#### 4.4 Evaluation of the Customer Input Management System

In order to see whether our software meets the requirements and to get a good understanding of the weaknesses and strengths of the software, we evaluated the CIMS in two steps: 1) we imported large amounts of customer input obtained through previous research projects to test import, search, edit, and data analysis functions; 2) we shared the link to our web-based software with experts and asked them to evaluate the software by giving feedback through an online survey. We contacted the experts that we have interviewed and additional potential users of the CIMS working in the fields of project management, software development, product development, and sales and marketing. In total, 18 experts evaluated the CIMS with regard to four evaluation components. The survey consisted of four items for each of the evaluation components *purpose and strategy* (Cronbach’s Alpha: 0.85), *content and functionality* (Cronbach’s Alpha: 0.60), *navigation and interaction* (Cronbach’s Alpha: 0.73), as well as *media design and presentation* (Cronbach’s Alpha: 0.80) (see Table 4) (Heidmann and Ziegler 2002). The items have been adapted from existing items for the evaluation of websites and applications (Finstad 2010; Heidmann and Ziegler 2002; Oppenheim and Ward 2006; Webb and Webb 2004). *Purpose and strategy* refers to whether the software platform helps the company to reach its goals in customer input management (e.g., derive meaningful knowledge for innovation development). *Content and functionality* covers questions concerning the mere supply of content and functionalities. In the evaluation domain *navigation and interaction*, we asked the experts whether the navigation concept allows easy and intuitive navigation. *Media design and presentation* refers to the design of the user interfaces (e.g., visual design, use of graphics/ charts) (Heidmann and Ziegler 2002). A seven-point Likert scale anchored with one as “Strongly Disagree” and seven as “Strongly Agree” has been used.

To analyze the survey data, the positively formulated items in the survey (e.g., “This software will help me [...]”) were scored as [score – 1], and the negatively formulated items (e.g., “I don’t think this software [...]”) were scored as [7 – score]. This aligned all scores in one direction, removing the positive/ negative keying of the language in the instrument (Finstad 2010). After recording, each individual item had a range of 0-6. To calculate the percentage of satisfaction (S) with regard to an evaluation component, we divided the sum of participants’ scores for each evaluation component by the number of items (= 4 items to measure each evaluation component) multiplied with the maximum possible score (= 6), and then multiplied by 100 (see formula (1)) (Finstad 2010).

$$S[\text{in \%}] = \frac{\sum((\text{mean positive item} - 1) + (7 - \text{mean negative item}))}{\text{number of items} \times 6} \times 100\% \quad (1)$$

For instance, the evaluation component *purpose and strategy* was calculated as in formula (2).

$$S[\text{in \%}] = \frac{((4.95 - 1) + (7 - 3.1)) + ((5.1 - 1) + (7 - 2.84))}{4 \times 6} \times 100\% = 67\% \quad (2)$$

The result for the overall satisfaction for all four evaluation components with the CIMS after the first development and evaluation iteration was 70.4%.

Evaluation component	Items	Score (mean)
Purpose and strategy	• This software will help me derive meaningful knowledge for the innovation process in my team.	4.95
	• I think that this software does not cover the needs of all stakeholders involved in the innovation process.	3.1
	• Using this software reduces working time and increases the effectiveness of my team.	5.1
	• I do not think this software might add any business value to my company.	2.84
	<b>Satisfaction with evaluation component purpose and strategy</b>	<b>67%</b>
Content and functionality	• I could interpret meaningful and helpful knowledge from the charts in the software.	4.61
	• I have spent a lot of time to understand how to use the functions in the system.	3.1
	• The smart tagging feature for customer inputs to identify keywords from a given text is very efficient.	5.61
	• The software does not cover security and privacy issues; I do not feel safe to use it in the company to store data.	3.67
	<b>Satisfaction with evaluation component content and functionality</b>	<b>64.5%</b>
Navigation and interaction	• The interaction with the software was straightforward; I did not find difficulties with the interaction.	5.5
	• The navigation is not clear enough; I have spent much time to find what I am looking for.	3.1
	• The input-autocomplete function helped me to browse the content from the website.	5.95
	• I reached the error page very often although I executed the functions correctly with valid inputs.	1.55
	<b>Satisfaction with evaluation component navigation and interaction</b>	<b>78%</b>
Media design and presentation	• This system has clear forms and is easy to understand.	5.27
	• The application uses different names for the same functionalities which make it confusing to understand the differences.	2.45
	• I find the data presentation in the charts very clear and understandable.	4.95
	• I think that the design of the web application is not comfortable enough.	2.56
	<b>Satisfaction with evaluation component media design and presentation</b>	<b>72%</b>

**Table 4: Survey to evaluate the Customer Input Management System**

We can conclude that the evaluation component navigation and interaction has the highest satisfaction rate with 78%. In contrast, content and functionality has the lowest satisfaction with 67.5%. In the next development and evaluation iteration, this evaluation component can be particularly focused. For instance, the tagging system can be improved by integrating text mining tools to automatically search and find important keywords in customer input (e.g., complaints, online reviews, textual descriptions of customer ideas). To this end, open source libraries such as Weka can be applied. Further, IT-Security should be improved by applying the role-based access control approach to ensure data privacy. Additionally, the CIMS could be improved by integrating more advanced analysis and visualization tools. Charts and graphical illustrations of data result in

high transparency and better understanding of the data in the knowledge base. This will be of great value for companies in terms of deriving relevant knowledge for innovation development (e.g., customer integration methods that yield a high amount of high quality customer input, responsible employees that manage customer integration initiatives that result in relevant customer input, identification of areas of knowledge deficits about customers, identification of frequent complaints concerning a product). Finally, future and more advanced versions of the CIMS could include tooltips, videos for training, and a start page presenting available functions and features.

## 5 Conclusion and Future Research

The emergence and proliferation of modern information technologies has brought forward a notable number of IT-based customer integration methods (Dahan and Hauser 2002; Zogaj and Bretschneider 2012). With this development, the variety of customer input in different form (e.g., video, audio, text) and level of detail and elaboration is increasing (Zhang et al. 2011). Despite the ongoing research on the integration of customers into innovation processes, there is a paucity of research focusing on how to store, structure, retrieve, and reuse customer input to derive meaningful knowledge for innovation development and competitive advantage (Yang and Chen 2008; Zhang et al. 2011). Using the design science approach, our research addresses this gap by designing, implementing, and evaluating the CIMS, a software platform for managing customer inputs.

Our research is subject to some limitations. First, the requirements for the design of the CIMS are limited on the databases and keywords used for the literature search as well as the opinions of the 12 interviewed experts. The majority of the experts is from the software industry, which might also influence the identified requirements. Similarly, the evaluation results are based on a relatively small sample of 18 experts. Further research should evaluate the impact of the CIMS on interoperability, customer knowledge sharing and reuse in a long-term field study. The CIMS is only a first prototype and is not yet ready for productive use in practice. Further versions of the CIMS can incorporate role-based access control as well as text mining and sentiment analysis to automatically tag customer input, and identify relevant customer reviews and opinions from social networks or online reviews from amazon.com.

The paper contributes to theory by providing insight into the roles/ stakeholders, and challenges of customer input management. For instance, companies face huge amounts of customer input that needs to be evaluated and analyzed. However, companies lack in time and other resources to manage customer input manually. The underlying research provides insight into the state of research as well as the approaches currently used in practice for knowledge management in customer integration. Our research shows that the applied approaches are rather immature and hinder formal documentation, interoperability, and knowledge sharing and reuse across departments or innovation networks. From a practical perspective, this paper introduces a software platform that allows companies to capture different types of customer input along the whole innovation process. The CIMS supports companies in structuring, storing, analyzing, sharing, and reusing customer input. The evaluation of the system through a survey of experts showed that the system is capable of managing huge amounts of data. The experts found that the system is easy and intuitive to use.

### *Acknowledgement*

We thank the German Research Foundation for funding this project as part of the collaborative research centre ‘Sonderforschungsbereich 768 – Managing cycles in innovation processes – Integrated development of product-service-systems based on technical products’.

## 6 References

- Blohm I, Riedl C, Leimeister JM, Krcmar H (2011) Idea evaluation mechanisms for collective intelligence in open innovation communities: Do traders outperform raters? Paper presented at the International Conference on Information Systems, Shanghai, China
- Carbone F, Contreras J, Hernández JZ, Gomez-Perez JM (2012) Open Innovation in an Enterprise 3.0 framework: Three case studies. *Expert Systems with Applications* 39 (10):8929-8939
- Chesbrough HW (2003) The Era of Open Innovation. *MIT Sloan Management Review* 44 (3):34-41
- Dahan E, Hauser JR (2002) The virtual customer. *Journal of Product Innovation Management* 19 (5):332-353
- Fähling J, Langer S, Schölkopf JM, Leimeister JM, Krcmar H, Lindemann U (2011) Enhancing the Selection of Methods for Customer Integration in Innovation Processes through a Process-Oriented Description Framework. Paper presented at the International Conference on Research into Design, Bangalore, India
- Finstad K (2010) The Usability Metric for User Experience. *Interacting with Computers* 22 (5):323-327
- Franco D, Prats G, De Juan-Marin R (2010) An ontology proposal for resilient multi-plant networks. In: Popplewell K, Harding J, Ricardo C, Poler R (eds) *Enterprise Interoperability IV: Making the Internet of the Future for the Future of Enterprise*. Springer, London, pp 169-178
- Füller K, Liu H, Böhm M, Krcmar H (2015) Knowledge Management in Customer Integration: A Customer Input Ontology. Paper presented at the International Conference on Engineering Design, Milano, Italy
- Gebert H, Geib M, Kolbe L, Riempp G (2002) Towards Customer Knowledge Management: Integrating Customer Relationship Management and Knowledge Management Concepts. Paper presented at the International Conference on Electronic Business, Taipei, Taiwan
- Gläser J, Laudel G (2009) *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse: als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, vol 3. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Grant RM (1996) Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal* 17 (2):109-122
- Heidmann F, Ziegler J (2002) WebSCORE – A Structured Method for Evaluating Web Applications. Paper presented at the International Conference on Work with Display Units, Berlin, Germany
- Hevner AR (2007) The Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems* 19 (2):87-92
- Hrastinski S, Kviselius NZ, Ozan H, Edenius M (2010) A Review of Technologies for Open Innovation: Characteristics and Future Trends. Paper presented at the Hawaii International Conference on System Sciences, Honolulu, HI
- Leitzelman M, Trousse B (2011) Supporting the Selection of Open Innovation Software Tools. Paper presented at the International Conference on Concurrent Enterprising, Aachen, Germany

- March ST, Smith GF (1995) Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems* 15 (6):251-266
- Matzler K, Hinterhuber HH (1998) How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment. *Technovation* 18 (1):25-38
- Miles MB, Huberman MA (1994) *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*. Sage, Thousand Oaks
- Nonaka I (1994) A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science* 5 (1):14-37
- Oppenheim C, Ward L (2006) Evaluation of web sites for B2C e-commerce. *Aslib Journal of Information Management* 58 (3):237-260
- Riedl C, May N, Finzen J, Stathel S, Kaufman V, Krcmar H (2009) An Idea Ontology for Innovation Management. *International Journal on Semantic Web and Information Systems* 5 (4):1-18
- Sommerville I (2004) *Software Engineering*, vol 9. Pearson, Addison Wesley
- Song W, Ming X, Wang P (2013) Collaborative product innovation network: Status review, framework, and technology solutions. *Concurrent Engineering* 21 (1):55-64
- von Krogh G (2012) How does social software change knowledge management? Toward a strategic research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems* 21 (2):154-164
- Webb HW, Webb LA (2004) SiteQual: an integrated measure of Web site quality. *Journal of Enterprise Information Management* 17 (6):430-440
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly* 26 (2):xiii-xxiii
- Wilhelm S, Gueldenberg S (2014) Customer knowledge management: state of the art and future research directions. *International Journal of Knowledge Management Studies* 5 (3/4):265-284
- Wilhelm S, Gueldenberg S, Güttel W (2013) Do you know your valuable customers? *Journal of Knowledge Management* 17 (6):661-676
- Yang Y, Chen R (2008) Customer Participation: Co-Creating Knowledge with Customers. Paper presented at the International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Dalian, China
- Zhang J, Zhao W, Xie G, Chen H (2011) Ontology- Based Knowledge Management System and Application. *Procedia Engineering* 15:1021-1029
- Zogaj S, Bretschneider U (2012) Customer integration in new product development - A literature review concerning the appropriateness of different customer integration methods to attain customer knowledge. Paper presented at the European Conference on Information Systems, Barcelona, Spain

# Konzeption der erwarteten Erfahrung am Beispiel des visualisierten Wissens für Unternehmenskooperationen

Erik Kolek<sup>1</sup>, Matthias Strotmeier<sup>1</sup> und Anna Lena Kaufhold<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Hildesheim, Institut für Betriebswirtschaft und Wirtschaftsinformatik, Abteilung für Informationssysteme und Unternehmensmodellierung, {erik.kolek, matthias.strotmeier, kaufho}@uni-hildesheim.de

## Abstract

Der Aspekt der erwarteten Erfahrung gegenüber realen zukünftigen Situationen wird in der Wirtschaftsinformatik wenig diskutiert, insbesondere die erwartete Erfahrung gegenüber Unternehmenskooperationen aufgrund des visualisierten Wissens. In dieser Arbeit wird die durch Kooperationsvisualisierungen erzeugte erwartete Erfahrung betrachtet. Zuerst wird eine Konzeption der erwarteten Erfahrung entwickelt und danach empirisch weiterentwickelt auf Basis der Visualisierung von Wissen für Kooperationen. Die Grundlage für die Weiterentwicklung stellen Telefoninterviews mit Experten<sup>1</sup> aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen dar. Hieran schließt sich die Diskussion der Konzeption der erwarteten Erfahrung an, welche deren Eignung zur Erklärung der Beurteilung der Kooperation durch die verschiedenen beteiligten Akteure auf Basis des visualisierten Wissens reflektiert. In der weiteren Forschung ist viel Pionierarbeit zu leisten, um aus der entwickelten Konzeption eine Theorie über die erwartete Erfahrung zu bilden.

## 1 Visualisierungen erzeugen spezielle Erwartungen an Kooperationen

Unter einer Visualisierung kann die Kommunikation durch eine visuelle Form verstanden werden. Hierbei handelt es sich oft, gerade im Zusammenhang mit der Visualisierung von Kooperationen, um die Veranschaulichung von sonst nicht direkt wahrnehmbaren Zusammenhängen wie zum Beispiel die hierarchische Organisation in einem Unternehmen oder der zeitliche Ablauf von Kooperationsprozessen. Daher unterstützt die Visualisierung beim Verstehen von hochkomplexen Zusammenhängen (Ballstaedt 1996). Eine Visualisierung „unterstützt und verbessert die Wissensweitergabe zwischen Individuen, Gruppen und Organisationen“ (Burkhard 2005, 240). Da Menschen eine angeborene Fähigkeit haben, visuelle Repräsentationen effektiv zu verarbeiten, ist die Visualisierung eine einträgliche Art Sachverhalte darzustellen (Burkhard 2005). Ein Modell ist ein Abbild der Realität, das sich auf einen für den jeweiligen Modellierungszweck relevanten Aspekt beschränkt z. B. einen Teilaspekt oder Sachverhalt der Kooperation. Daher ist der Blick

---

<sup>1</sup> Geschlechterhinweis: Aus Gründen der Vereinfachung wird überwiegend die männliche Form verwendet. Die Aussagen beziehen sich jedoch gleichermaßen auf männliche wie weibliche Personen.

hierbei auf das Wesentliche gelenkt. Das Modell konzentriert sich auf wichtige Gestaltungsparameter und folgt einer vorgegebenen Notation. Je nach Höhe des Detaillierungsgrads kann das Wissen mit einem effektiven Komprimierungsgrad vermittelt werden (Zähringer 2010). Vor diesem Hintergrund wurde noch nicht ausreichend erforscht, wie sich die Visualisierung auf die Kooperation auswirkt, denn eine Kooperationsvisualisierung kann bei seinen Nutzern eine Erwartung an die zukünftige Erfahrung erzeugen, welche in der Kooperation eintreten kann. Die Erwartung an die zukünftige Erfahrung stellt demnach kurz gesagt eine erwartete Erfahrung dar. Doch worin unterscheidet sich konkret die bestehende Erfahrung von der erwarteten Erfahrung und wie bauen diese Erfahrungsarten aufeinander auf? Zur Operationalisierung der erwarteten Erfahrung sind zwei Forschungsfragen zielführend:

- **Wie lässt sich allgemein die erwartete Erfahrung konzeptionell erklären?**
- **Woraus besteht die erwartete Erfahrung gegenüber einer Kooperation aufgrund einer Visualisierung?**

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wird zuerst eine Konzeption der erwarteten Erfahrung entwickelt und diese anschließend mit Hilfe der empirischen Forschung weiterentwickelt. Interdisziplinäre Telefoninterviews mit verschiedenen Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachgebieten ermöglichen dabei die notwendige Ausdifferenzierung der beiden Erfahrungsbegriffe Erlebbarkeit und Erfahrbarkeit. Daher werden in einem ersten Schritt die Grundlagen erklärt (Kapitel 2). Darauf folgt die Erklärung der Vorgehensweise zur Konzeption der erwarteten Erfahrung (Kapitel 3). In einem nächsten Schritt folgt die Konzeption der erwarteten Erfahrung und deren Weiterentwicklung (Kapitel 4). Darauf folgt die Diskussion der Konzeption der erwarteten Erfahrung (Kapitel 5). Zuletzt werden Schlussfolgerungen beschrieben und ein Ausblick skizziert (Kapitel 6).

## 2 Grundlagen

### 2.1 Unternehmenskooperation

Um eine Verschwendung von Ressourcen und das Erledigen von Doppelarbeiten zu vermeiden, kann das Eingehen einer Kooperation als vorteilhaft angesehen werden. So wird verhindert, dass Aktivitäten isoliert, oft auch in Konkurrenz zueinander, getätigt werden. Qualitäten und Kompetenzen jedes Partners können anerkannt und so für die Kooperation nutzbar gemacht werden. Durch das Einbringen dieser Kompetenzen können sowohl gemeinsame als auch sich ergänzende Ziele effektiver und schneller erreicht werden. Vor allem dadurch, dass Kooperationspartner auf die ganze Bandbreite von technischen, humanen und finanziellen Ressourcen der Partner zurückgreifen können (Tennyson 2003). Entscheidend für die Reorganisation und Neugestaltung der Angebote sind die Kunden. Durch deren Integration in den Prozess der Leistungserbringung können kundenindividuelle Leistungsbündel produziert und vertrieben werden (Leimeister und Möslin 2007).

Nach Ahlheid et al. (2010) lassen sich fünf operative Problemfelder unterscheiden: (1) Die Stärkung von einem Konkurrenten, der an der Kooperation beteiligt ist, (2) die Entstehung von Abhängigkeiten der Partner untereinander, (3) der Aufwand der Kooperation übersteigt den Ertrag sowie (4) die einseitige Aneignung der Erträge durch einen Partner und (5) der Schutz des Know-hows der Partner (Ahlheid et al. 2010). Um eine Kooperation zu führen, müssen getrennte Aufgaben und Rollen definiert werden. Diese sollen so verteilt werden, dass die professionellen Stärken und



Schwächen der einzelnen Akteure berücksichtigt werden. Daraufhin sollen das Unternehmen selbst sowie auch die einzelnen Abteilungen, Arbeitsgruppen und das Personal untersucht werden (Tennyson 2003).

Ein Konflikt zwischen eigennützigem und gemeinnützigem Verhalten entsteht durch die Weitergabe oder Nicht-Weitergabe von Wissen. Kooperationspartner sind bestrebt, möglichst viel neues Wissen zu absorbieren. Allerdings wollen sie das Abfließen von internem Wissen so gering wie möglich halten. Somit kooperieren Unternehmen vor allem mit Partnern, die eine Übertragung von Wissen leisten können und dies zulassen. Dies deckt sich mit dem Problemfeld (5) Schutz des Know-hows der Partner. Die Motivation für ein Unternehmen eine Kooperation einzugehen, kann vielseitig sein. Zum einen kann die Erkenntnis, dass die Kooperation Vorteile bieten kann wie beispielsweise das Erschließen neuer Ressourcen, die Überwindung von Markteintrittsbarrieren oder die Identifizierung neuer Technologien ein Grund sein. Zum anderen kann aber auch der Mangel an nötigen finanziellen oder personellen Ressourcen, um bestimmte Dienstleistungen für die zu produzierende Sachleistung zu erbringen, ein weiterer Grund sein. Wenn aus der falschen Motivation heraus eine Kooperation eingegangen wird, kann es zu Konflikten zwischen den Partnern kommen (Ahlheid et al. 2010).

## 2.2 Visualisierung von Unternehmenskooperationen

Visuelle Repräsentationen können verschiedene Funktionen in der Kommunikation übernehmen. Sie können „Gefühle ansprechen, Beziehungen veranschaulichen, Trends aufdecken, Aufmerksamkeit erregen und erhalten, die Erinnerung unterstützen, sowohl Übersichten als auch Details präsentieren und das Lernen unterstützen“ (Burkhard 2005, 241). Nach Burkhard's Knowledge Visualization Framework können vier Perspektiven auf Visualisierungen differenziert werden: Function-, Knowledge-Type-, Recipient- und Visualization-Type-Perspektive. Beim Erstellen einer visuellen Repräsentation für den Wissenstransfer müssen jede dieser vier Perspektiven beachtet werden (Burkhard 2005):

- Die Function-Perspektive beinhaltet sechs Funktionen: Koordination, Aufmerksamkeit, Erinnerbarkeit, Motivation, Ausgestaltung und neue Erkenntnisse. Somit kann eine Visualisierung einem Betrachter bei der Koordination eines Sachverhaltes helfen. Sie kann die Aufmerksamkeit des Betrachters erregen und gegebenenfalls auch lenken, sowie die Erinnerung unterstützen. Außerdem kann sie auf den Betrachter motivierend wirken aufgrund der Ausgestaltung und neue Erkenntnisse vermitteln. Des Weiteren kann die Visualisierung eine ausführliche Darstellung eines Sachverhaltes z. B. aus der Kooperation bereitstellen.
- Die Knowledge-Type-Perspektive unterscheidet verschiedene Arten von Wissen, die durch die Visualisierung vermittelt werden können. Zum einen das Faktenwissen und das Prozesswissen. Und zum anderen das Wissen, das Aufschluss über Wirkungen und Ursachen gibt. Zudem wird unter anderem zwischen Wissensquellen und Wissensträgern unterschieden.
- Die Recipient-Perspektive zeigt auf, welche Empfänger der Visualisierungen zu differenzieren sind. Dies können Einzelpersonen, Gruppen, Unternehmen und Netzwerke sein.
- In der Visualization-Type-Perspektive werden die Arten von Visualisierungen charakterisiert.

Burkhard (2005) unterscheidet dabei sieben Arten von Visualisierungen: Skizze, Diagramm, Bild, Karte, reales Objekt, interaktive Visualisierung und Geschichte. Im Zusammenhang mit der Kooperationsvisualisierung sind z. B. Skizzen und Diagramme von Bedeutung. Skizzen sind

einfach zu erstellen und eine sehr schnelle, abstrakte und direkte Form der visuellen Repräsentation. Durch die unfertige und nicht ausgefeilte Darstellung lassen Skizzen dem Betrachter Raum für Interpretation und Kreativität und unterstützen somit den Reflexions- und Kommunikationsprozess der Betrachter. Wesentlich strukturierter dagegen sind Diagramme. Diese beinhalten eine schematische Darstellung eines Sachverhaltes. Informationen und deren Beziehungen werden strukturiert aufgezeigt. Abstrakte Konzepte, z. B. von Kooperationen, können strukturiert in ihrer Komplexität reduziert und daher für den Betrachter nachvollziehbarer werden. Daher sind Diagramme gerade für die Wissensweitergabe von großer Bedeutung und Nutzen in Kooperationen. Außerdem sind Bilder, Karten, Geschichten von Kooperationen denkbar. Die interaktive Visualisierung ermöglicht eine besonders leicht zu verstehende, d. h. erfahrbare Kooperation für die beteiligten Akteure. Ein reales Objekt, z. B. ein Modell von der Kooperation zu erstellen, das diesen Sachverhalt erfasst, ist ebenfalls möglich (Burkhard 2005).

### **3 Vorgehensweise zur Konzeption der erwarteten Erfahrung**

#### **3.1 Rahmenbasierte Entwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung**

Die rahmenbasierte Entwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung startet mit einer groben Vorstellung darüber, was eine erwartete Erfahrung repräsentiert. Dazu wurde ein Brainstorming, eine Diskussion durchgeführt und Ideen ausgetauscht. Die Ergebnisse sind in einer Konzeption beschrieben und visualisiert (siehe Bild 1). Außerdem sind geeignete Dimensionen zur Beschreibung und Erklärung der erwarteten Erfahrung entwickelt worden. Die Konzeption basiert dabei auf der Annahme, dass Erfahrungen ähnlich wie Dienstleistungen erstellt werden können und ferner immaterielle und integrative Merkmale aufweisen (siehe Abschnitt 4.1).

#### **3.2 Empirische Weiterentwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung**

Die empirische Weiterentwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung basiert auf interdisziplinären Experteninterviews. Diese Interviews wurden mit 33 Wissenschaftlern mit verschiedenen Schwerpunkten in ihren Wissenschaftsdisziplinen telefonisch durchgeführt. Die Leitfragen im Telefoninterview bezogen sich dabei inhaltlich auf die Wissenschaftsdisziplin und den damit verbundenen Schwerpunkt sowie auf die Bedeutung der erwarteten Erfahrung aus der Perspektive der Erleb- und Erfahrbarkeit in den jeweiligen Wissenschaftsdisziplinen. Hierzu zählen u. a. die Wirtschaftsinformatik, Betriebswirtschaft, Erziehungs-, Sozial- und Politikwissenschaft. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte über eine Selektion, indem potentielle Teilnehmende aus den genannten Wissenschaftsdisziplinen identifiziert wurden, dadurch sind fachlich hochwertige Aussagen über die Erleb- und Erfahrbarkeit möglich. Für die Durchführung eignen sich Telefoninterviews, da die Leitfragen thematisch aus der Sicht der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin schnell und einfach zu beantworten sind. Der Aspekt der Visualisierung von Kooperationen wäre zu abstrakt gewesen und hätte zudem persönliche Interviews erfordert, da aufzuzeigende Beispiele von Kooperationsvisualisierungen notwendig gewesen wären. Eine direkte Beurteilung der Erlebbarkeit und Erfahrbarkeit von Kooperationsvisualisierungen hätte die teilnehmenden Personen deutlich überfordert. Daher klären die Interviews den Begriff erwartete Erfahrung aus einer erfahrbaren und erlebbaren Perspektive der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin heraus. Der zugrundeliegende Leitfaden der durchgeführten interdisziplinären Experteninterviews ist strukturiert dargestellt in Tabelle 1.

<b>Leitfaden der telefonisch durchgeführten interdisziplinären Experteninterviews</b>	
In welcher Wissenschaftsdisziplin sehen Sie Ihren Schwerpunkt?	
Hat der Begriff der <b>Erlebbarkeit</b> dieselbe Bedeutung wie der Begriff der <b>Erfahrbarkeit</b> aus der Sicht Ihrer Wissenschaftsdisziplin? (Ja/Nein)	
<p>Wenn ja:</p> <p>Wie würden Sie diese gemeinsame Bedeutung der Begriffe <b>Erlebbarkeit und Erfahrbarkeit</b> aus der Sicht Ihrer Wissenschaftsdisziplin beschreiben?</p>	<p>Wenn nein:</p> <p>Wie würden Sie die Bedeutung des Begriffs der <b>Erlebbarkeit</b> aus der Sicht Ihrer Wissenschaftsdisziplin beschreiben?</p> <p>Wie würden Sie die Bedeutung des Begriffs der <b>Erfahrbarkeit</b> aus der Sicht Ihrer Wissenschaftsdisziplin beschreiben?</p>

**Tabelle 1: Leitfaden der telefonisch durchgeführten interdisziplinären Experteninterviews**

Die erwartete Erfahrung soll auf die Visualisierung von Kooperationen übertragen bzw. angewendet werden. Die Interviewergebnisse dienen der Evaluation der entwickelten Konzeption der erwarteten Erfahrung, indem ein Vergleich zwischen den Interviewergebnissen und den getroffenen Annahmen in der Konzeption stattfindet. Dabei werden Übereinstimmungen beibehalten und Abweichungen eliminiert, bevor die überprüfte Konzeption hinsichtlich der Visualisierung von Kooperationen weiterentwickelt wird. Die Experteninterviews beinhalten zusätzlich einen narrativen Charakter, damit ein Gedankentransfer der Begriffe aus der Perspektive der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin erfolgen kann. Es wurde viel Zeit zum Erzählen gegeben bis die Wissenschaftler ihre Ausführungen beendeten und es am Telefon kurz ruhig wurde. Nach der Durchführung der Experteninterviews folgte die Datenanalyse der erhobenen Expertenerzählungen, welche als Ergebnis eine Zusammenfassung des detaillierten und speziellen Expertenwissens repräsentiert. Es wird „sich mit der Ganzheit der Wirklichkeit in einem weitest möglichen Sinne beschäftigt“ (Fettke und Loos 2003, 156). Die qualitative Datengrundlage stellt dabei keine wörtliche, vollständige Transkription dar, sondern eine gezielte Paraphrasierung während dem Telefoninterview, welche einzelne als wichtig und interessant erscheinende Expertenaussagen dokumentiert. Die Begriffe Erlebbarkeit und Erfahrbarkeit haben für 30 Wissenschaftler eine unterschiedliche Bedeutung (siehe Abschnitt 4.2). Beispielsweise wurde die Erleb- und Erfahrbarkeit wie folgt definiert: Die Erlebbarkeit „ist die praktische Erfahrung von Wirtschaftsinformatiktheorien in einem Unternehmensumfeld.“ „Erlebbarkeit sind Ereignisse bzw. Situationen, denen ich potentiell ausgesetzt sein kann. Bewusstsein muss vorhanden sein, dass ein Erlebnis abläuft.“ „Erlebbarkeit beschreibt das zugänglich machen von Erlebnissen. Ereignisse des realen Lebens sind erlebbar. Hier muss ein realer Faktor reinspielen. Etwas ist nicht erlebbar, wenn ich keinen Zugang dazu habe. Zugang ist erforderlich kognitiv und örtlich.“ Erlebbarkeit erfordert „in die Vorstellung hinein begeben, selbst involviert sein und ist intensiver als Erfahrbarkeit.“ Die Erfahrbarkeit ist dagegen „eng an der Erlebbarkeit dran und bezieht sich auf das Wahrnehmen von Wirtschafts- und IT-Phänomenen in einem eigenen wirtschaftlichen Handeln. Erleben bedeutet mehr eigenes steuern, erfahren heißt wahrnehmen mit den eigenen Sinnen und sich dessen Bewusst werden, z. B. beim Besuch eines Online-Shops oder dass irgendwo Prozesse laufen.“ Hier liegt der „Schwerpunkt auf der Reflexionsfähigkeit. Erleben bedeutet mehr Ereignissen und Situationen ausgesetzt sein Diese können Emotionen auslösen. Erfahrbarkeit entspricht Reflektierbarkeit. Zustände sind durch mich reflektierbar und gedanklich nachvollziehbar.“ „Wie Erlebbarkeit mit Zusatz auch indirekt kann man Erfahrung sammeln über das Lernen als Erfahren und nicht als Erleben.“ Erfahrbarkeit bedeutet „sehen, wie Dinge zur Anwendung kommen, Dinge greifbar machen, nicht notwendigerweise involviert sein.“

## 4 Konzeption der erwarteten Erfahrung

### 4.1 Produktionswirtschaftliche Dimensionen in der integrativen Erfahrungserstellung

Wenn Wissen als eine Form von Erfahrung interpretiert wird, dann ist es sowohl sinnvoll die Erfahrung nicht nur immateriell als emergent, eingebettet und verkörpert, sondern auch als materiell verbunden zu betrachten. Dafür werden neue Konzeptionen und Erkenntnisse benötigt, um Erfahrungen nicht nur von Organisationen zu verstehen (Orlikowski 2006). Analog zu einer Dienstleistung haben bestehende und erwartete Erfahrungen hohe integrative und immaterielle Anteile. Dienstleistungen wie auch Erfahrungen können dadurch gekennzeichnet sein, dass die Immaterialität einen höheren Grad aufweist als die damit verbundene Materialität. Daher findet eine Transformation der integrativen Leistungserstellung nach Kleinaltenkamp (1997) auf den Erfahrungskontext statt. Die Grundlage für eine Erfahrung und die Wahrnehmung der Erfahrung ist eine reale oder virtuelle Umgebung in der die Erfahrung stattfindet wie z. B. eine Kooperation. In einer produktionswirtschaftlichen Perspektive entsteht die Erfahrungswahrnehmung in dieser Erfahrungsumgebung. Hinsichtlich der Umgebung und Wahrnehmung der Erfahrung sind drei Erfahrungsdimensionen aus der produktionswirtschaftlichen Perspektive abgeleitet und relevant: Erfahrungspotential, Erfahrungserstellungsprozess und Erfahrungsergebnis.

- **Erfahrungspotential** ist eine zukunftsorientierte Dimension, welche die Erwartung an die Erfahrung vor der Realisierung greifbar macht. Die Dimension Erfahrungspotential beschreibt die kognitive Voraussetzung von Akteuren eine bestimmte Erfahrung zu machen. Ausgehend von der produktionswirtschaftlichen Perspektive kann das Erfahrungspotential daher am besten als individuelle Erfahrungsvoraussetzung beschrieben werden. Das Erfahrungspotential erlebt im Erfahrungserstellungsprozess eine Anregung bzw. Stimulation zur Erfahrungsproduktion. Es werden bereits vorhandene Erfahrungen zusammen mit kognitiv intern vorhandenen Faktoren bzw. Abhängigkeiten und objektiv extern einwirkenden Faktoren bzw. Abhängigkeiten verknüpft. Das Erfahrungspotential wird durch einen wahrgenommenen Reiz einer zu erlebenden Situation angeregt bzw. stimuliert. Die erwartete Erfahrung wird dadurch erzeugt, indem intern vorhandene und extern einwirkende Faktoren zu einer Vorstellung bzw. Erwartung gegenüber der zukünftig zu erlebenden Erfahrung gebündelt werden.
- **Erfahrungserstellungsprozess** beschreibt die aktuelle gegenwärtige Situation, in der ein Akteur eine bestimmte Erfahrung erlebt. Diese Situation kann durch Inputs, Outputs, beteiligte Akteure, Sichten, Aufgaben und Prozesse der Akteure beschrieben werden. Die Erfahrung entsteht dabei nach dem Uno-actu-Prinzip, d. h. die Erstellung und das Ergebnis der Erfahrung gehen fließend ineinander über, wofür die Erlebbarkeit der Situation eine Bedingung darstellt.
- **Erfahrungsergebnis** beschreibt die wahrgenommene Erfahrung nach der Realisierung. Je höher die mit der erstellten Erfahrung verbundene Zufriedenheit ist, desto geringer wird die hiermit verbundene Erinnerbarkeit der Erfahrung sein. Negative Erfahrungen sind mit negativen Emotionen verbunden und können dadurch einen größeren und bewussten Einfluss auf die erwartete Erfahrung haben. Die gedankliche Verknüpfung von kognitiv intern vorhandenen Faktoren bzw. Abhängigkeiten mit den objektiv extern einwirkenden Faktoren bzw. Abhängigkeiten erzeugt das Erfahrungsergebnis.



Bild 1: Konzeption der erwarteten Erfahrung

#### 4.2 Ebenenbasierte Weiterentwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung

Aus der Sicht der interviewten Experten aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen hat der Begriff der Erlebbarkeit nicht dieselbe Bedeutung wie der Begriff der Erfahrbarkeit. Die Grundlage für die Weiterentwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung sind daher beide definierten **Bedeutungen der Erlebbarkeit und Erfahrbarkeit**.

**Erlebbarkeit** wird mit persönlichem Erleben verbunden. Dieser persönliche Aspekt wird mittels des Begriffs Emotionen unterfüttert. Erfahrungen bleiben länger und sind stark mit einer momentanen zeitlichen Komponente verknüpft. Erleben passiert ad hoc, aktuell und individuell. Es wird also mit den eigenen persönlichen Erfahrungen in Verbindung gebracht. Wichtig scheint, dass das Bewusstsein vorhanden sein muss, dass ein Erlebnis abläuft. In diesem Zusammenhang sind auch Erfahrungen allgemein relevant, die selbst mit den eigenen Sinnen erlebt werden, d. h. Erlebbarkeit hängt auch von der eigenen Körperlichkeit ab. Erlebbarkeit ist mit allen Sinnen erleben verbunden. Dabei spielt das eigene Handeln eine Rolle. Das Subjekt macht etwas für das Erleben und das Erlebte kann z. B. visuell wahrgenommen werden. Hier ist auch die Realität ein zentraler Faktor, denn Erleben kann nur in realen Situationen geschehen. Der Begriff wird mit Praxis in Verbindung gebracht und besitzt eine praxisorientierte Konnotation. Beim Erleben findet jedoch nicht zwangsläufig eine Reflexion statt.

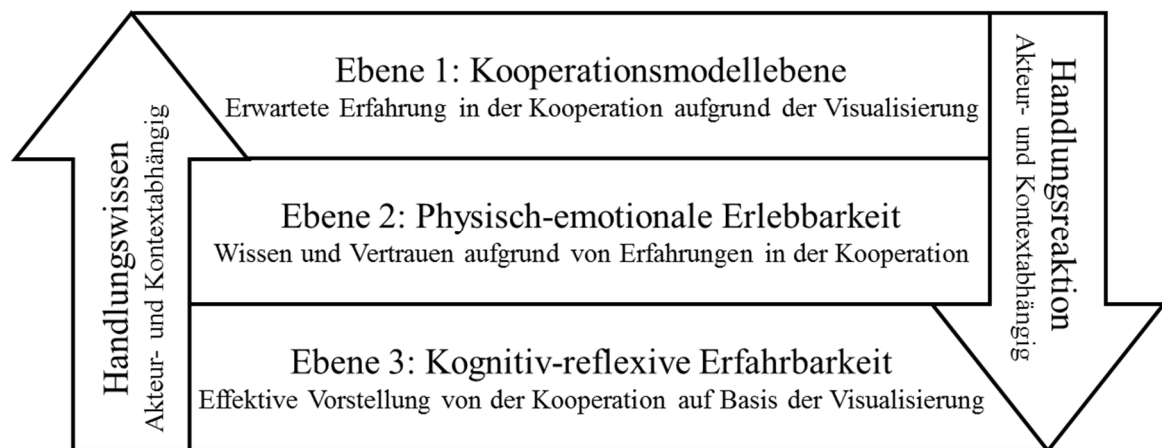
**Erfahrbarkeit** ist deutlich mit Kognition verbunden, d. h. mit der Verarbeitung von Wissen. Es ist also ein Reflexionsprozess involviert. Erfahrbarkeit baut auf schon Erfahrenem auf, ist also kontextabhängig. Bei der Erfahrbarkeit kommt etwas zu Ende, wird also nachbearbeitet und abgeschlossen. Dadurch können Zustände reflektierbar und nachvollziehbar gemacht werden. Hier steht zudem die Wissensvermittlung im Mittelpunkt. Erfahrbarkeit wird mit der Aneignung von Wissen erklärt. Im Gegensatz zu Erlebbarkeit wurde Erfahrbarkeit theoretisch orientiert beschrieben. Es werden spezifische Inhalte verarbeitet. Erfahrbarkeit kann auf einer rein intellektuellen Ebene stattfinden. Die Wahrnehmung spielt eine wichtige Rolle, denn es kann etwas erfahren werden, ohne dass es durch das Individuum selbst ganz durchdringen wird. Erfahrbarkeit ist die Fähigkeit zu wissentlichem, bewussten Wahrnehmen, dadurch können Dinge bewertet und eingeordnet werden. Hier ist das Individuum nicht notwendigerweise selbst in der Anwendung bzw. Durchführung von Dingen involviert. Es besteht stets eine bestimmte individuelle Erwartung, wie z. B. gegenüber einem Experiment, das durch eine andere Person durchgeführt wird, wobei das zu

Erwartende nicht unbedingt wahrgenommen, sondern oft lediglich vermutet wird. Lernen ist ein weiterer zentraler Aspekt. Durch Erfahrungen wird gelernt, aber nicht durch das Erleben direkt. Es wird dadurch gelernt, dass Erfahrungen gesammelt und verarbeitet werden. Für die Erfahrbarkeit muss dafür z. B. Kommunikation involviert sein. Dabei spielt das Körperliche keine Rolle. Es geht um kognitive Rückschlüsse. Erfahrbarkeit ist daher auf andere Personen durch das Erlernen übertragbar und personenbezogen. Erfahren steht in einem engen Kontext mit dem Beobachten, deshalb ist es indirekter als Erleben. Generell gilt, dass die Erfahrbarkeit weniger intensiv und greifbar wahrgenommen wird als Erlebbarkeit.

Ein anderer wichtiger Aspekt bei der Weiterentwicklung der Konzeption der erwarteten Erfahrung ist die Wahrnehmung von Kooperationsvisualisierungen. Das Betrachten unterstützt dabei das Lernen und Erinnern von Sachverhalten, wie z. B. die Strukturen einer Kooperation, sofern diese verständlich ist. Wenn Verständlichkeit gegeben ist, haben Visualisierungen gegenüber der rein sprachlichen Darstellung den Vorteil näher an der Wirklichkeit zu sein (Kroebe-Riel 1996).

Damit ein Akteur mit einer Kooperationsvisualisierung arbeiten kann, muss dieser die dafür notwendigen Fähigkeiten besitzen. Das Können dafür besteht aus einem theoretischen Wissen und aus in der Handlung eingebundenen Fähigkeiten. Diese Art von Wissen und das Wissen um bestimmte Sachverhalte sowie um prozessbasierte Vorgehen kann als Erfahrungswissen bezeichnet werden. Im praktischen Handeln erworben und angewandt, ist das Erfahrungswissen im hohen Maße personenbezogen und kontextabhängig. Es ist daher nicht zeitlich stabil, sondern dynamisch und situativ (Porschen 2008). Es bestimmt die Handlungsfähigkeit und Handlungskompetenz eines Akteurs in der kooperativen Praxis. Damit handelt es sich um eine hochentwickelte Form des Handlungswissens. Durch das optimierte Zusammenspiel des Wissens können Anforderungen wie z. B. Kooperationsziele optimal erreicht werden (Plath 2002). Beim Erfahrungswissen handelt es sich also um das beruflich erworbene Know-How, z. B. wie Ziele erfolgreich erreicht werden können. Dafür ist Geschick, ein Sinn für Probleme und Lösungen sowie eine schnelle Entscheidungsfindung notwendig. Dabei wird auf vergangene Erlebnisse und erworbene Erfahrungen zur Einhaltung von Anforderungen zurückgegriffen (Böhle 2005).

Die beteiligten Akteure in Kooperationen werden auch von Emotionen gesteuert. Diese Emotionen definieren das innere Empfinden und damit auch, wie und in welchem Maße etwas erfahren wird. Sowohl die Rollen, Werte und Normen als auch die Erfahrungen werden von dem Kooperationsvorhaben beeinflusst. Wenn die Rollen, Werte und Normen der Kooperationspartner abgestimmt sind, kann sich dies positiv auf die einzelnen Akteure auswirken. Wird das Kooperationsvorhaben als abgestimmt empfunden, kann das wiederum die Motivation der Akteure erhöhen. Durch die Vermeidung von Konflikten kann die erwartete Erfahrung positiv beeinflusst werden. Für die erwartete Erfahrung von Kooperationsvisualisierungen spielt außerdem Vertrauen eine wichtige Rolle. Vertrauen in die Kooperation bestimmt die Grenzen der erwarteten Erfahrung. Wenn kein Vertrauen gegeben ist, ist es schwierig für Akteure sich auf die Visualisierung einzulassen (Ahlheid et al. 2010). Da sich die erwartete Erfahrung in diesem Kontext auf eine Visualisierung bezieht, ist es notwendig zu unterstreichen, dass die Art und Weise der Visualisierung ein Treiber der erwarteten Erfahrung ist. Wenn diese verständlich ist, kann die erwartete Erfahrung intensiviert werden. Da Visualisierungen einen Einfluss auf die Emotionen haben können, die beim Betrachten entstehen, beeinflussen diese die erwartete Erfahrung gegenüber der Kooperation (Burkhard 2005).



**Bild 2: Ebenen in der Konzeption der erwarteten Erfahrung**

## 5 Diskussion der Konzeption der erwarteten Erfahrung

### 5.1 Limitationen der Konzeption der erwarteten Erfahrung

Die Bereitschaft und das Ausmaß, in dem das Wissen der einzelnen Akteure in den Kooperationsprozess miteingebracht und geteilt wird, kann unter dem Begriff der Wissenskoooperation gefasst werden. Im Idealfall unterstützen die einzelnen Partner sich gegenseitig mit Wissen, auch wenn kein direkter persönlicher Nutzen erkennbar ist (Moser 2002). Als Bedingungen für eine wirksame Wissenskoooperation können die Bereitschaft zur Wissensweitergabe, die Unterstützung von Kooperationen, die Wirksamkeit der Kooperationsunterstützung, die Kultur des Willens zur Zusammenarbeit und der Motivation der beteiligten Akteure genannt werden (Porschen 2008). Eine Langfristigkeit der Wissenskoooperation kann dann gewährleistet werden, wenn diese zur Routine in der Kooperation wird. Als Basis dafür ist die Kultur der Reziprozität zu definieren und zu fördern. Alle Faktoren setzen eigenständig handelnde Beteiligte voraus, die die Geschäftsprozesse in den Kooperationen überblicken und pro-aktiv sowie eigenverantwortlich kooperieren wollen (Moser 2002).

In einem Kooperationskontext ist zu betonen, dass Dienstleistungskooperationen, deren Kerncharaktereigenschaften die Immaterialität und Integrativität sind, die erwartete Erfahrung durchaus erschweren können. Die Wahrnehmung der Dienstleistungsproduktivität und -ergebnisse ist oft nicht in dem Maße gegeben wie bei Sachleistungen. Dadurch erschweren sich die Visualisierung der Leistungserstellungsprozesse und das Geschäftsprozessverständnis in der Kooperation. Durch eine hohe Individualität der Ergebnisse ist keine Routine in der Kooperation gegeben. Eine Qualitätsüberprüfung ist daher schwierig und nur unter prohibitiv hohem Aufwand möglich. Durch dieses fehlende Prozessverständnis in Dienstleistungskooperationen kann die erwartete Erfahrung stark limitiert sein (Haller 2012).

Welche Art von Visualisierung für eine positive, intensive erwartete Erfahrung am besten ist, kann nicht vollständig beantwortet werden, da bisher dazu empirische Untersuchungen fehlen. Es kann allerdings festgehalten werden, dass die Art der Visualisierung sehr wichtig für die erwartete Erfahrung gegenüber der Kooperation ist. Beispielsweise lassen Skizzen viel Raum für Interpretation, was eine hohe Individualität der Wahrnehmung und daraus resultierenden erwarteten Erfahrungen zur Folge hat. Komplexe Sachverhalte können zugänglich gemacht werden und die Bildung von erwarteten Erfahrungen erleichtern (Burkhard 2005).

## 5.2 Implikationen der Konzeption der erwarteten Erfahrung

In einer Kooperation können verschiedene Akteure und Rollen definiert werden. Die Kooperationspartner haben unterschiedliche Verhaltenserwartungen gegenüber den einzelnen Akteuren in der Kooperation. Diese Erwartungen können in Rollendefinitionen samt Pflichten festgehalten werden. Vertrauen schaffend sind die definierten Pflichten der Rollen. Diese sind von hoher Bedeutung für den Erfolg und die Langfristigkeit einer Kooperation. Weicht die erwartete Erfahrung von der erlebten Erfahrung aufgrund des tatsächlichen Verhaltens ab, können Rollenkonflikte entstehen. Es werden dabei drei Dimensionen unterschieden: der Inter-, Intra- und Personen-Rollenkonflikt. Die erste Dimension betrifft den Konflikt, der entstehen kann, sobald ein Akteur zwei Rollen einnimmt. Diese sind mit verschiedenen, potentiell konfliktauslösenden erwarteten Erfahrungen verknüpft. Der Intra-Rollenkonflikt bezeichnet einen Konflikt, der aufkommen kann, wenn ein rolleninhabender Akteur verschiedenartige oder unklare erwartete Erfahrungen bildet. Der Personen-Rollenkonflikt definiert sich als eine Differenz zwischen den eigenen Wertvorstellungen und den erwarteten Erfahrungen an die Rolle (Koch 2010).

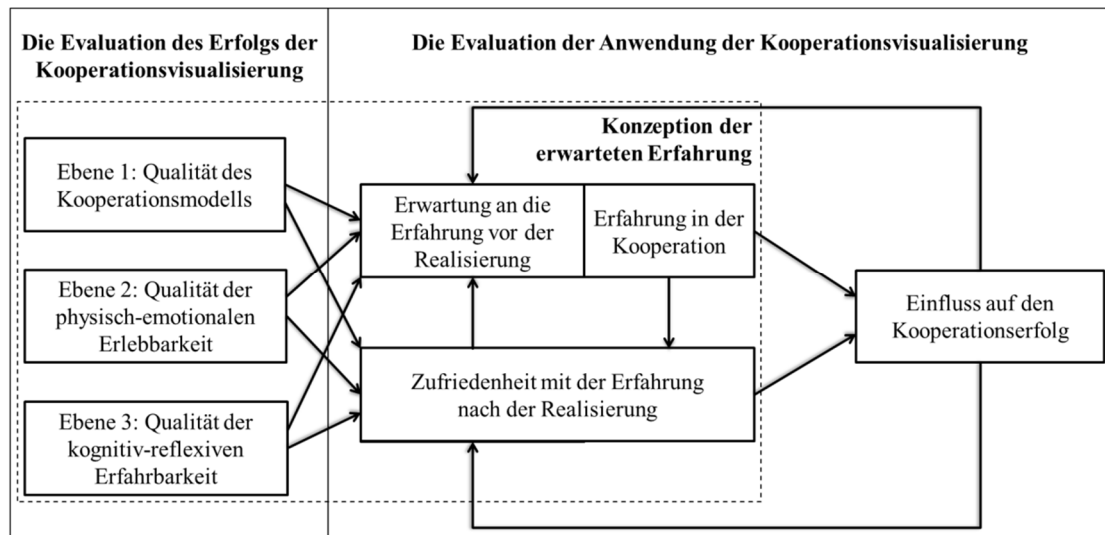
Strotmeier et al. (2015) verstehen die Erfahrbarkeit auch als einen Reflexionsprozess hinsichtlich zukünftig zu erwartender Erfahrungen von beteiligten Akteuren in Unternehmenskooperationen. Das bedeutet für die Art der Visualisierung einer Unternehmenskooperation, dass ein unterschiedlicher Mehrwert entsteht je nach Gegenstand der Visualisierung. Gegenstände können sowohl Kooperationsverträge als auch Kooperationsprozesse sein. Beispielsweise bei der Kooperationsvertragsvisualisierung (Kolek 2015) und bei der Visualisierung von kooperativen Prozessen (Strotmeier et al. 2015) als mögliche Ausprägungen der Kooperationsvisualisierung kann dieser Mehrwert gebildet werden, wenn sich Vertrauen und Verbindlichkeit positiv auf die Leistungsbereitschaft der Kooperationspartner auswirken (Kolek 2015) und ein unternehmensübergreifendes und unternehmensinternes Management von Kooperationen erfolgt. Ein Kooperationsvisualisierungsprojekt ist effektiv, wenn die Dokumentation, Simulation und Optimierung von kooperativen Prozessen durch das Management sichergestellt ist (Strotmeier et al. 2015). „Visualisierungen ermöglichen es durch die Aufnahme der Vertragsinhalte Transparenz und Einigkeit zu erzeugen“ (Kolek 2015, 468). Die Visualisierung kann zu einem Akzeptanzeffekt bei den Kooperationspartnern führen hinsichtlich der vertraglich geforderten Leistungen. Entstehen trotz allem Streitigkeiten in der Kooperation, z. B. aufgrund von Schlechtleistungen, können Sanktionen erforderlich sein. Eine bestehende Visualisierung eignet sich bei Streitigkeiten als ein Hilfsmittel zur Konfliktlösung und kann ebenfalls bei Vertragsverhandlungen zum Einsatz kommen. (Kolek 2015). Wenn alle beteiligten Akteure in den kooperativen Prozessschritten und deren Reihenfolgen direkt ersichtlich sind, vereinfacht dies die Nachvollziehbarkeit nicht nur von kooperativen Kernprozessen (Strotmeier et al. 2015). Der Mehrwert einer Kooperationsvisualisierung entsteht über die Erfahrbarkeit im engeren Sinne der Nachvollziehbarkeit in einem Reflexionsprozess sowie über die Möglichkeit der Erlebbarkeit der abgebildeten Gegenstände z. B. durch das Mitwirken von Partnern in Kooperationsprozessen.

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Konzeption der erwarteten Erfahrung kann z. B. zur hypothesenbasierten Bildung eines Rahmenwerks zur Evaluation des Erfolgs und der Anwendung der Kooperationsvisualisierung (in Anlehnung an Sedera et al., 2002; DeLone und McLean 2003) verwendet werden. Der Erfolg einer Kooperationsvisualisierung ist abhängig von der Qualität des Kooperationsmodells, der Erleb- und



Erfahrbarkeit. Diese können eine Auswirkung auf die Erwartung an die Erfahrung vor der Realisierung und Zufriedenheit mit der Erfahrung nach der Realisierung haben. Letztere und die erstellte Erfahrung in der Kooperation können einen Einfluss auf den Kooperationserfolg nehmen. Der Kooperationserfolg kann die erwartete Erfahrung und Zufriedenheit beeinflussen.



**Bild 3: Kooperationsvisualisierungserfolgsrahmenwerk**

In der Forschung erfährt die erwartete Erfahrung, z. B. gegenüber Kooperationen aufgrund von Visualisierungen, noch unzureichend Beachtung. Hier ist noch viel Pionierarbeit zu leisten. Daher ist es umso wichtiger, dass empirische Forschungen getätigt werden. Es können qualitative und quantitative Studien mit verschiedenen Akteuren in Kooperationen stattfinden. Vor allem ist der Qualitätsaspekt, was Visualisierungen leisten müssen, damit die Bildung der erwarteten Erfahrung und Zufriedenheit mit der Erfahrung nach der Realisierung verbessert wird, ein umfangreiches und wichtiges Themengebiet im Rahmen der bevorstehenden Theoriebildung.

#### *Danksagung:*

Der Forschungsbeitrag wurde ermöglicht durch die Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) des Projektes „Cooperation Experience“ (Förderkennzeichen: 01XZ13012). Dem Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (PT-DLR) danken wir für die Unterstützung.

## **7 Literatur**

- Ahlheid S, Gräfe G, Röhr F (2010) Technologie als Treiber hybrider Wertschöpfung am Beispiel eingebetteter Systeme. In Bienzeisler B, Ganz, W (Hrsg.) Management hybrider Wertschöpfung, Stuttgart:17–38
- Ballstaedt SP (1996) Bildverstehen, Bildverständlichkeit – Ein Forschungsüberblick unter Anwendungsperspektiven. In Krings HP (Hrsg.) Wissenschaftliche Grundlagen der Technischen Kommunikation, Tübingen
- Böhle F (2005) Erfahrungswissen hilft bei der Bewältigung des Unplanbaren, BWP (Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis), 34. Jg., Nr. 5:9–13

- Burkhard RA (2005) Towards a Framework and a Model for Knowledge Visualization. In Tergan, SO, Keller T (Hrsg.) *Knowledge and Information Visualization*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- DeLone WH, McLean ER (2003) The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update, *Journal of Management Information Systems*, 19 Jg., Nr. 4:9–30
- Fettke P, Loos P (2003) Ontologische Evaluierung von Referenzmodellen auf Basis des Bunge-Wand-Weber-Modells – Methode und Anwendungen. In *Proceedings der Tagung Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobIS 2003)*, Bamberg:155–173
- Haller S (2012) *Dienstleistungsmanagement*. 5. Auflage, Gabler Verlage, Wiesbaden.
- Kleinaltenkamp M (1997) Kundenintegration, *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 27. Jg., Nr. 7:350–354
- Koch V (2010) Interaktionsarbeit bei produktbegleitenden Dienstleistungen – Am Beispiel des technischen Services im Maschinenbau. In Engelhardt WH et al. (Hrsg.) *Focus Dienstleistungsmarketing*, Wiesbaden
- Kolek E (2015) Kooperationsvisualisierung zur Beeinflussung der Leistungsbereitschaft von Kooperationspartnern. In *Tagungsband IRIS 2015*, Salzburg, Österreich:463–470
- Kroebe-Riel W (1996) *Bildkommunikation*. 1. Auflage, Vahlen Verlag, München
- Leimeister JM, Möslin K (2007) Chancen interaktiver hybrider Wertschöpfung. In *Center for Leading Innovation & Cooperation* (Hrsg.) *Hybride Wertschöpfung – Verfahren und Instrumente*, CLIC, Leipzig:6–7
- Moser KS (2002) Wissenskoooperation: Die Grundlage der Wissensmanagement – Praxis. In Lüthy W, Voit E, Wehner T (Hrsg.) *Wissensmanagement – Praxis – Einführung, Handlungsfelder und Fallbeispiele*, Zürich:97–113
- Orlikowski WJ (2006) Material Knowing: The Scaffolding of Human Knowledgeability, *European Journal of Information Systems*, 15 Jg., Nr. 5:460–467
- Plath HE (2002) Erfahrungswissen und Handlungskompetenz – Konsequenzen für die berufliche Weiterbildung. In Kleinherz G (Hrsg.) *IAB – Kompendium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*. BeitrAB 250:517–529
- Porschen S (2008) Austausch implizitem Erfahrungswissen – Neue Perspektiven für das Wissensmanagement, 1. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Sedera W, Rosemann M, Gable G (2002) Measuring Process Modelling Success. In *Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS 2002)*:331–341
- Strotmeier M, Koers J, Simon R, Kolek E (2015) Erfahrbarkeit von Kooperationen - Simulation von Informationsaustauschprozessen in der Bauplanung. In Real Ehrlich CM, Blut C (Hrsg.) *Bauinformatik 2015: Beiträge zum 27. Forum Bauinformatik*, Berlin:265–273
- Tennyson R (2003) *Arbeiten mit Partnern – Ein Werkzeugbuch*, The International Business Leader Forum (IBLF), Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN)
- Zähringer D (2010) Geschäftsmodelle – Anachrinismus der New Economy oder Wegbereiter in die hybride Wertschöpfung. In Bienzeisler B, Ganz W (Hrsg.) *Management hybrider Wertschöpfung*, Stuttgart:103–110

# **Zur Rolle von Interaktivität bei interaktiven Videos als Lernmedium – Eine explorative Studie**

**Michael Langbauer<sup>1</sup>, Nadine Amende<sup>1</sup> und Franz Lehner<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universität Passau, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II, {michael.langbauer | nadine.amende | franz.lehner}@uni-pasau.de

## **Abstract**

Interaktive Videos zeichnen sich in der digitalen Wissensvermittlung besonders für motorisches Handlungswissen aus und können unter anderem als interaktives Wissensmedium in der Physiotherapie eingesetzt werden. Für den bisher kaum untersuchten Nutzen interaktiver Videos, soll dieser Artikel einen ersten Beitrag leisten und ein aus der Literatur abgeleitetes Messinstrument in einer explorativen Studie testen, um die auf Literaturbasis vermuteten Nutzendimensionen und Wirkungszusammenhänge anhand empirischer Daten zu überarbeiten. Als Ergebnis diskutieren wir die Ergebnisse in Form eines Wirkungsmodells.

## **1 Interaktive Videos in der Wissensvermittlung**

Internetbasierte Lernanwendungen werden sowohl im Privatleben, in der akademischen Welt (Saadé et al. 2007), als auch in Unternehmen (Zhang et al. 2006) breitflächig und mit Erfolg eingesetzt. Soziale Netzwerke, Wikis oder Weblogs (Reisberger und Smolnik 2008) werden längst als Instrumente des internen und externen Marketings (Richter et al. 2013), für den Kundensupport (Lattemann 2013), im Wissensmanagement (Smolnik und Riempp 2006; Stocker et al. 2012) und in der unternehmensinternen und -übergreifenden Kommunikation, Kollaboration (Richter et al. 2013) und Problemlösung (Stocker et al. 2012) verwendet. Darin werden verschiedene Medientypen (Texte, Bilder, Animationen, Audios, Videos) kombiniert und in unterschiedlicher Darbietungsformen ausgeliefert (Saadé et al. 2007).

Dieses Potential von Hypertext-Systemen ist auch auf ihr video-basiertes Gegenstück übertragbar. „Interaktives Video“, auch „Hypervideo“ genannt, als Organisationskonzept von Informations-elementen ist eine nonlineare Struktur von Videoszenen und multimodalen Zusatzinformationen mit definierten, klickbaren Elementen, die es dem Nutzer ermöglichen relativ frei innerhalb der gesetzten Grenzen des gerichteten Graphen zu navigieren (Stocker et al. 2012). Die navigatorischen und interaktionalen Grenzen unterwerfen die lose gekoppelten Inhaltselemente, einer vom Autor bestimmten kohärenten, um das gewünschte Wissen tatsächlich zu vermitteln (Chambel et al. 2006). So können explorative, situative, reflexive und problemorientierte Lernerlebnisse für Einzelpersonen und auch Gruppen realisiert werden (Chambel et al. 2006; Petan et al. 2014).

Der Einsatz von Interaktivität und damit verbundener Nonlinearität sollte jedoch absichtsvoll erfolgen und in einem dem Einsatzzweck angepassten Niveau gestaltet werden. Schulmeister (Schulmeister 2003) schlägt zur Einteilung von Interaktivitätsniveaus aus der Perspektive des E-Learnings sechs Stufen in Anlehnung, die nach dem Nutzer gewährten Möglichkeiten unterteilt: Während der Nutzer bei Stufe I ein passiver Beobachter ist, kann er bei Stufe VI den Inhalt der Anwendung mitgestalten, wobei die Anwendung selbst auf die Aktionen des Nutzers reagiert. Die Wahl eines Interaktivitätsniveaus für interaktive Videos schlägt sich unmittelbar in ihrer Komplexität nieder, da die interdependenten Schlüsseleigenschaften Nonlinearität und Interaktivität in Einklang gebracht werden müssen. So deckt die Bandbreite denkbarer und teilweise existenter (vgl. Lehner und Siegel 2009) interaktiver Videoanwendungen die gesamte Skala nach Schulmeister ab und reicht von einfachen Videoplayern mit Start/Stopp-Funktionalität für passive Beobachter bis hin zu Systemen für das kooperative Editieren von Videoinhalten zur Laufzeit. Die konkrete Gestaltung eines interaktiven Videos richtet sich nach dem Anwendungsszenario und kann grundsätzlich viele verschiedene Ausprägungen annehmen (vgl. Langbauer und Lehner 2015).

Als externe Repräsentation sollten interaktive Videos gemäß dem Kongruenzprinzip nach Tversky et al. (2002) der inneren Natur des Gezeigten entsprechen, aber gleichzeitig das Kognitionsvermögen des Lernenden nicht übersteigen. Um festzustellen, welches Maß Interaktivität und Nonlinearität geeignet ist für ein spezifisches Anwendungsszenario, muss eine Lernanwendung in seiner Wirkung überprüft werden.

Zur Ergänzung der bestehenden Literatur zum Nutzen von interaktiven Videos, soll das Ziel dieser Arbeit sein festzustellen, welchen Einfluss das gewählte Interaktivitätsniveau auf die Nutzenwirkung eines interaktiven Videos hat. Hierzu sollen verschiedene Videoformate in einer Feldstudie verglichen werden.

Daher gliedert sich die Arbeit wie folgt: Für die angestrebte Nutzenmessung muss der adressierte Anwendungskontext der Vorstudie bestehend aus Prototyp und Anwendungsszenario beschrieben werden. Anschließend erfolgt eine ausführliche Beschreibung der explorativen Untersuchung. Dabei werden mögliche Nutzenkonstrukte und deren Messindikatoren in der IS-Forschungsliteratur identifiziert und in ein Messinstrument überführt. Schließlich werden die Ergebnisse der Erhebung im Hinblick auf tatsächlich aussagekräftige Nutzenkonstrukte und Wirkungsbeziehungen für interaktive Videos ausgewertet.

## 2 Anwendungskontext

Der für diese Arbeit verwendete Prototyp eines interaktiven Videosystems, die „SIVA Suite“ (Simple Interactive Video Authoring), enthält eine produzierende Komponente für Autoren und die wiedergebende Komponente für den Nutzer („Player“) sowie eine Plattform zur Verteilung. Technische Details beschreiben Meixner et al. (2010).

In der vorliegenden Studie wurde der Versuch unternommen die postoperative physikalische Behandlung von Prostatakrebspatienten mit einem interaktiven Videos zu unterstützen. Dabei wurde mit einer Therapieklinik kooperiert, die auf dieses Krankheitsbild spezialisiert ist, um ein Instruktionsvideo zu speziellen Gymnastikübungen zu entwickeln und unter realen Bedingungen zu testen.

Bereits wenige Tage nach der operativen Entfernung der Prostata soll ein Patient zur Wiedererlangung der Kontinenz mit geeigneten gymnastischen Übungen beginnen seinen Beckenboden zu

stärken und so den Verlust der Prostata zu kompensieren. Der meist zweimalige stationäre Aufenthalt in einer Klinik, bei dem die Patienten in den Übungen unterwiesen werden, nimmt mit jeweils drei bis vier Wochen mit etwa einem Jahr Unterbrechung einen vergleichsweise geringen Anteil an der sechs bis 24-monatigen Therapie bzw. am lebenslangen Training ein. Denn wie jeder Muskel muss auch der Beckenboden fortwährend trainiert werden, um die gewonnene Stärke des Muskels nicht wieder zu einzubüßen.

Da die Beckenbodengymnastik in Rahmen der Therapie damit größtenteils eigenständig zu Hause und ohne die fachliche Anleitung von Experten stattfindet, beobachtet die Klinik eine informationelle Versorgungslücke in der Beckenbodentherapie. Zur Unterstützung des eigenständigen Trainings der Patienten bot die Klinik bisher einer DinA4-Broschüre mit Text und Bildern an. Die interaktive Videoanwendung, der „digitale Beckenbodentrainer“, beinhaltet mehrere Trainingsprogramme, die die täglichen Übungssitzungen in der Klinik in Dauer, und Intensität nachahmen. Zusätzlich ist die Videostruktur Erklärungen zu Anatomie, Trainingsgestaltung und weiteren Hintergrundinformationen. In dieser Konfiguration steht dem Patienten eine umfangreiche Sammlung von Inhalten zur Beckenbodengymnastik zur Verfügung, um seine Trainingseinheiten personalisiert und abwechslungsreich zu gestalten.

### **3 Konzeption eines Messinstruments für den Nutzen von interaktiven Videos**

#### **3.1 Stand der Forschung**

Die vermutete positive Wirkung auf das eigenständige Training der Patienten und somit auf die empfundene Qualität der Versorgung in der Klinik allgemein sollte mit einem geeigneten Instrument validiert werden. Als Basis für unser Erhebungsinstrument bietet die Wirtschaftsinformatik mit ihren Erkenntnissen zur Erfolgs- und Nutzenmessung von primär utilitaristischen Informationssystemen (IS) reichlich Anknüpfungspunkte. Der Begriff „Nutzen“ kann im Verständnis der Wirtschaftsinformatik nach Wert-, Performance-, Akzeptanz- und Zufriedenheitsorientierten (Urbach und Müller 2012) Frameworks interpretiert werden. Die beiden letztgenannten geben häufig Anlass für Ansätze, die explizit ihren Fokus auf weiche Faktoren legen (Herzog et al. 2013). Je nach Perspektive auf den Nutzen wurden so Modelle für unterschiedliche Untersuchungsebenen, Stakeholder und Untersuchungsobjekte mit uni- und multidimensionalen Ansätzen gebildet (Neumann et al. 2011). Einige der Nutzenmodelle konnten sich durch wiederholte Anwendung und Überarbeitung (Van der Heijden 2004) als Quasi-Standards für ihr jeweiliges Nutzenverständnis etablieren und erklären den Nutzen von IS mit spezifischen Dimensionen und Wirkungszusammenhängen (Richter et al. 2011).

Zu den bekanntesten und weitverbreitetsten Modellen gehören chronologisch Davis (1989) Technology Acceptance Model (TAM) und DeLone und McLeans (1992) Information Systems Success Model (Urbach und Müller 2012) und sollen ebenfalls unserem Erhebungsinstrument zugrundeliegen. In ihrer Auslegung von Nutzen sind die Modelle jedoch klar zu unterscheiden: Akzeptanz versus Erfolg. Während für Davis die individuelle Performanceverbesserung durch IS nur durch tatsächliche Nutzung und Akzeptanz reguliert wird (Davis 1989), zeigt sich für DeLone und McLean (1992) der Erfolg eines IS auf mehreren Ebenen und wird durch die System-, Informations- und Service-Qualität beeinflusst (Urbach und Müller 2012).

Beide Modelle wurden bereits wiederholt für verschiedene Anwendungsfelder und Systemtypen konzeptionell abgewandelt (siehe insb. die Überarbeitungen der Originalautoren, u.a. DeLone und McLean 2004; Venkatesh und Davis 2000) und in ihren Annahmen empirisch überprüft (u.a. Petter et al. 2008; King und He 2006). So ist der Nutzen grundsätzlich ein kontextsensitives Konstrukt und muss als solches für die Eigenschaften des untersuchten Systems sowie die Rahmenbedingungen zum konkreten Einsatz adaptiert werden (DeLone und McLean 1992).

Zu den Systemtypen, die in empirischen und konzeptionellen Arbeiten der IS-Nutzenmessung zu finden sind, zählen auch E-Learning-Systeme (u.a. Saadé 2007), denen wir interaktive Videos zuordnen. Diese Beispiele zeigen, dass die kontextbezogene Operationalisierung von Standardmodellen sowohl möglich ist, als auch zu validen Ergebnissen führen kann.

Die statistische Auswertung von (einzelnen Wirkungszusammenhängen aus) etablierten Modellen zur Nutzenentstehung führt jedoch nicht immer zur erneuten Bestätigung allgemein akzeptierter Zusammenhänge, sondern manchmal zu ihrer Infragestellung. Hratinski und Monstad (2014) wandten ein eigens entwickeltes Messkonzept mit qualitativen und quantitativen Instrumenten an, um die Wirkung einer Video Website mit Inhalten zu betrieblichen Wertvorstellungen auf das Bewusstsein der Mitarbeiter für diese Werte im Sinne eines Lernprozesses auf organisationaler Ebene zu messen. Die teilweise signifikante Verschlechterung der Werte für Wissensvermittlung und dessen Umsetzung bei den freiwilligen Nutzern im Vergleich zu Nicht-Nutzern legt den Schluss nahe, dass sowohl die Eigenschaften des Untersuchungsobjekts als auch der Anwendungskontext gesteigerten Einfluss auf die Wirkung des transportierten Wissens haben. Da die Autoren paradoxerweise gleichzeitig eine tendenzielle Verbesserung der Zufriedenheit der Nutzer feststellten, offenbart sich der Nutzen von wissensvermittelnden Systemen als ähnlich kompliziert zu erfassen wie für direkt an der Wertschöpfung beteiligter IS.

Die Wahl eines speziellen Nutzenmodells scheint für eine vollständige Erfassung des Nutzens von interaktiven Videos daher nicht sinnvoll und ließe verzerrte Ergebnisse erwarten. Im Folgenden leiten wir daher ein am Wesen von interaktiven Videos sowie der Wirtschaftsinformatik-Literatur orientiertes Messinstrument her, das durch wiederholten Einsatz in Feldstudien an konzeptioneller Schärfe und Aussagekraft gewinnen soll.

### 3.2 Entwicklung eines neuen Messinstruments

Interaktive Videos im Allgemeinen und im vorliegenden Anwendungskontext im Speziellen weisen einen hedonischen Charakter auf, der die Nutzendimensionen besonders schwer zu erfassen macht (Wells und McCrory 2011). Die nachfolgend beschriebene Auswahl von Konstrukten für das Messinstrument folgt dem Leitgedanken von Van der Heijden (2004), der die fortgeführte Nutzung für hedonisch geprägte IS ausgibt. Dabei ist die *Nutzungsabsicht* (NA) vor der ersten Nutzung vom *tatsächlichen Nutzungsverhalten* (TN) zu unterscheiden (Kim 2012). Im vorliegenden Fall ist die Nutzungsdauer nicht begrenzt, da kein natürliches Ende der zu unterstützenden Aktivität definiert werden kann. Dies lässt eine besondere Bedeutung der Nutzung für die Nutzenentfaltung vermuten. Dies entspricht auch der Grundidee des TAM als Akzeptanzmodell.

Diesem Ansatz weiter folgend, bilden wir die aus der Nutzungserfahrung entstehende Einschätzung des Nutzers zur Wirkung des untersuchten interaktiven Videos im Anwendungskontext als *Wahrgenommener Nutzen* (WN). Als subjektives Fazit zur Nutzenwirkung eines IT-Systems entspricht der wahrgenommene Nutzen im vorliegenden Fall der empfundenen Unterstützungsleistung des interaktiven Videos als therapeutisches Zusatzangebot.

Ähnlich dem Task-Technology-Fit Modell nach Goodhue et al. (1995), ist die Wahrnehmung eines möglichen Nutzens des Systems Voraussetzung für die tatsächliche Wirksamkeit beim Individuum. Als Faktoren zur Erhebung dieser tatsächlichen Wirkung fügen wir einige für das Lernszenario angemessene Nutzenfaktoren an, die durch die Nutzung hervorgerufen werden. Die *verbalisierte Zufriedenheit* (VZ) der Patienten misst gemäß D&M IS Success Model SM die emotionale Reaktion eines Nutzers während der Nutzung eines Systems. Sie wird oftmals (u.a. Yu et al. 2005; Kim 2012) als wahrgenommene Freude ausgelegt, die ihren Ursprung im TAM 3 (Venkatesh und Bala 2008) hat. Dies ergänzen wir um neue Konstrukte, die das hinzugewonnene *Vertrauen* (V) des Nutzers in den Anbieter des Videos sowie seine *Nonverbale Zufriedenheit* (NZ) ausdrücken sollen. Letztgenanntes interpretieren wir als das Ausbleiben von Bedauern der Nutzungsentscheidung und eine Zufriedenheit ist ein rein hedonisches Konstrukt, das keine Verbindung zu Performancemaßen hat (Davis et al. 1992). Um diese Lücke, angepasst an den Wissensvermittlung, zu füllen, ergänzen wir als weiteres Nutzenmaß den Lernerfolg, der sich in der Kognition von *Theoretischem Hintergrundwissen* (TW) und *Ausführungswissen* (AW), und dessen praktischen *Wissensanwendung* (WA) niederschlägt. Als Einflussfaktoren berücksichtigen wir die *Wahrgenommene Bedienbarkeit* (WB, (Davis et al. 1989)), sowie die *Subjektive Norm* (SN) als Grad der Beeinflussung durch Dritte (Venkatesh und Davis 2000).

Mit Ausnahme der Fragen zum Konstrukt „Tatsächliche Nutzung“, die fünf Abstufungen zwischen „seltener als einmal pro Woche“ und „täglich“ beinhalten, sind alle Konstrukte auf einer 7-Punkt-Likertskala zwischen „Trifft gar nicht zu“ und „Trifft voll zu“ abgetragen.

### 3.3 Datensammlung

Bei der vorliegenden Feldstudie sollte der Einfluss des gewählten Interaktivitätsniveaus auf die Nutzenwirkung von interaktiven Videos in der therapeutischen Gymnastik gemessen werden. Um verschiedene Niveaus auf der Skala nach Schulmeister (2003) abzubilden, wurden drei Gruppen gebildet: Gruppe 1 („Broschüre“) als Kontrollgruppe verwendete ausschließlich die textuellen und stillbildlichen Anleitungen in den von der Klinik verteilten Broschüren. Als Kontrollgruppe hat sie den geringsten Interaktionsbedarf und entspricht der passiven Beobachtung (Stufe I). Gruppe 2 („Begrenzt“) erhielt zeitlich limitierte Möglichkeiten, das Hauptvideo durch den Aufruf von Zusatzinformationen zu unterbrechen. Beispielweise wurde ein Instruktionsvideo zu einer Atemtechnik erst dann angeboten, als sie vom Therapeuten im Hauptvideo angesprochen wurde. Dies entspricht Stufe II der Schulmeister-Skala. Gruppe 3 („Permanent“) verwendete den „digitalen Beckenbodentrainer“ in einer Variante, die die annotierten Informationen pro Szene dauerhaft anzeigt. Dies ordnen wir Stufe III zu. Der Prototyp für die Gruppen 2 und 3 wurde sonst identisch gestaltet. Die höheren Stufen der Interaktivität nach Schulmeister (2003) erfordern inhaltliche Manipulation und konnten im vorliegenden Fall nicht adressiert werden. Es handelt sich somit um ein 1x3 Faktor Design ohne Messwiederholung.

Zur Befragung der Kontrollgruppe wurde ein leicht modifizierter Fragebogen erstellt. Dabei mussten z.B. Fragen zur Wahrgenommenen Bedienbarkeit wegen des hohen Technikbezugs oder zur subjektiven Norm entfallen, während die restlichen Fragen in ihrem Bezug vom „digitalen Beckenbodentrainer“ zu „Broschüre“ umgewidmet werden mussten.

Zur Nutzung der Videoanleitungen verwendeten die Probanden private Laptops oder Tablets verschiedener Marken und Größen. Um Annotationen gezielt aufzurufen, mussten die Teilnehmer dieser Gruppe innerhalb einer Szene zu Markierungen in der Zeitleiste navigieren. Daher wurde für

Verwender eines Laptops eine Empfehlung zur Nutzung einer Funkmaus ausgesprochen, die nach eigenem Ermessen vom Großteil der Probanden wahrgenommen wurde.

Konstrukt	Item	Frage / Aussage
Tatsächliche Nutzung	TN1	An wie vielen Tagen die Woche führen Sie das Beckenbodentraining selbstständig durch?
	TN2	An wie vielen Tagen die Woche haben Sie den digitalen Beckenbodentrainer [/die Broschüre] für das Training verwendet?
Der Beckenbodentrainer [/ Die Broschüre] ...		
Anwendungswissen	AW1	verbessert mein Wissen über die richtigen Bewegungsabläufe beim Training.
	AW2	verbessert mein Wissen über die richtige Atmung beim Training.
	AW3	verbessert mein Wissen über das richtige Anspannen des Beckenbodens beim Training.
Wissensanwendung	AA1	verbessert die Ausführung der Bewegungsabläufe beim Training.
	AA2	verbessert die Kontrolle der Atmung beim Training.
	AA3	verbessert die Anspannung des Beckenbodens beim Training.
Theoretisches Wissen	TW1	verbessert mein Wissen über den Aufbau und die Funktion des Beckenbodens.
	TW2	verbessert mein Wissen zur richtigen Gestaltung des Trainings.
	TW3	verbessert mein Wissen zum richtigen Umgang mit der Inkontinenz im Alltag.
Wahrgenommener Nutzen	Die Nutzung des Beckenbodentrainer [/ der Broschüre] ...	
	N1	fördert die Rehabilitation.
	N2	erlaubt eine vielfältigere Gestaltung meines Trainings.
	N3	fördert ein regelmäßiges Training.
	N4	die fehlerfreie Durchführung von Übungen.
	N5	hat generell einen Nutzen für mein selbstständiges Training.
Subjektive Norm	Ich verwende den Beckenbodentrainer, weil...	
	SN1	es die Ärzte empfehlen.
	SN2	es die Therapeuten empfehlen.
	SN3	es andere Patienten für sinnvoll halten.
	SN4	mir nahestehende Personen (Familie, etc.) es für sinnvoll halten.
	SN5	ich es für sinnvoll halte.
Verbale Zufriedenheit	Die Einbindung des Beckenbodentrainers [/ der Broschüre] in das eigenständige Training ...	
	Z1	stimmt mich insgesamt zufrieden.
	Z2	begeistert mich.
	Z3	enttäuscht mich.
	Z4	frustriert mich.
Nonverbale Zufriedenheit	Den Beckenbodentrainer [/ Die Broschüre] ...	
	NZ1	würde ich anderen Prostatapatienten weiterempfehlen.
	NZ2	würde ich in einer Folge-Reha wieder verwenden.
Vertrauen	Durch die Verfügbarkeit des Beckenbodentrainer [/ der Broschüre]...	
	I1	wird mein Bild von der Klinik verbessert.
	I2	würde ich zur Klinik zurückkehren.
Wahrgenommene Bedienbarkeit	WB1	Der Beckenbodentrainer [/ Die Broschüre] ist in der Übungssituation kompliziert zu bedienen [/verwenden].
	WB2	Der Beckenbodentrainer kann nur mit größerer körperlicher Anstrengung von mir bedient werden.
	WB3	Ich muss mich stark konzentrieren um den Beckenbodentrainer [/die Broschüre] während des Trainings richtig zu bedienen [/verwenden].
	WB4	Der Beckenbodentrainer erzwingt störende Unterbrechungen des Trainings.
Nutzungsabsicht	NA1	Wie regelmäßig haben Sie den digitalen Beckenbodentrainer [/ die Broschüre] genutzt.
	NA2	Ich habe den Beckenbodentrainer begleitend zum Training als Orientierung genutzt.
	NA3	Ich habe den Beckenbodentrainer zur punktuellen Auffrischung meines Wissens über die praktischen Übungen verwendet.
	NA4	Ich habe den Beckenbodentrainer zur punktuellen Auffrischung meines Wissens über theoretische Inhalte verwendet.

**Tabelle 1: Fragebogenkonstrukte und -items**

Alle Teilnehmer erhielten bei Antritt der stationären Rehabilitation einen Fragebogen für demografische Angaben. Im Anschluss wurden Teilnehmer der Gruppen 2 und 3 in der Steuerung



des digitalen Beckenbodentrainers unterwiesen. Vor ihrer Abreise aus der Klinik füllten alle Teilnehmer unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit einen Fragebogen zur Erfassung des Nutzens des interaktiven Videos respektive der Broschüre aus.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Demographie

An der Befragung nahmen in einem Zeitraum von 20 Wochen insgesamt 110 Personen teil. Von den 110 abgegebenen Fragebögen konnten 103 Exemplare ausgewertet werden.

Entsprechend der medizinischen Indikation für die Einlieferung in die Klinik, der operativen Entfernung der Prostata, waren alle Teilnehmer ausschließlich männlich. Das durchschnittliche Alter betrug 65,51 Jahre (min = 50, max = 77, sd = 6,61), was bei dieser Art von Erkrankung typisch ist. Die körperlichen Einschränkungen zur Durchführung des Trainings waren mit einer durchschnittlichen Bewertung 1,42 (sd = 1,94) „kaum“ vorhanden. Die durchschnittliche Internetkompetenz der Teilnehmer liegt mit 3,62 (sd = 2,29) bei einer „mittleren“ Kompetenz. Die meisten Teilnehmer haben eine mittlere Reife/ Realschulabschluss/ vergleichbarer Abschluss (N = 41) oder einen Fach- bzw. Hochschulabschluss (N = 27).

Nach Ablehnung der Annahme der Normalverteilung für alle Variablen, wurde der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test für Mehrgruppenvergleiche angewendet, um Gruppenunterschiede festzustellen. Die Variable Internetkompetenz konnte in den drei Gruppen als unterschiedlich ausgeprägt wahrgenommen werden, wobei Gruppe 2 mit 4,23 (sd = 2,04) die größte, Gruppe 3 mit 3,85 (sd = 2,16) die zweitgrößte und die Kontrollgruppe mit 2,67 (sd = 2,47). Somit kann ein ungewollter Einfluss auf die Nutzenkonstrukte in den Testgruppen möglich sein. Zusätzlich sehen die Autoren die geringere Internetkompetenz der Kontrollgruppe als natürlich an, da Selbsteinschätzung einen maßgeblichen Einflussfaktor auf die Nutzungsentscheidung darstellt. In zukünftigen Studien ist diese Variable als Selbstwirksamkeitserwartung (King und He 2006) daher als Einflussfaktor oder Moderationseffekt zu berücksichtigen.

### 4.2 Gruppenvergleiche der Nutzenvariablen

In der Analyse der Nutzenvariablen auf Gruppenunterschiede (Kruskal-Wallis-Test aufgrund der Nicht-Normalverteilung aller Variablen) wiesen nur die Variablen Tatsächliche Nutzung, subjektive Norm und Nutzungsabsicht einen hohen signifikanten Gruppenunterschied auf (vgl. Tabelle 2).

Der Unterschied in der Nutzungsabsicht ist für die Testgruppen zumindest teilweise durch das Treatment, dem Interaktionsbedarf, zu erklären. Die Nutzungsabsicht wird in Gruppe 1 („Broschüre“) am höchsten eingeschätzt, unterscheidet sich aber im Hinblick auf die Mittelwerte nur gering von Gruppe 3. Ein wesentlicher Unterschied besteht zu Gruppe 2, wie auch ergänzende 2-Gruppenvergleiche mit dem Mann-Whitney-U Test bestätigten. Hier ist von einer geringeren Nutzungsabsicht auszugehen, was auf eine geringere Wertschätzung für flüchtige Annotationen hindeutet. Zur Verifikation dieser Annahme wurden qualitative Interviews durchgeführt, die diesen Verdacht untermauern. Außerdem offenbarte sich eine kognitive Verzerrung, die das tatsächliche Nutzungsverhalten der Kontrollgruppe relativiert: eine Broschüre zu nutzen, erfordert es nicht den Text bzw. die Bilder parallel zum Training zu betrachten, sondern aus dem Gedächtnis die Inhalte im Training auszuführen. Für Nutzer des interaktiven Videos jedoch ist die Nutzung desselben eine Teilmenge der durchgeführten Trainingseinheiten und damit in der Wahrnehmung geringer.

Konstrukt	Mittelwert (Standardabweichung)			3-Gruppen Vergleich		Cronbachs Alpha
	Gruppe 1 („Broschüre“) <i>n</i> =34	Gruppe 2 („Begrenzt“) <i>n</i> =35	Gruppe 3 („Permanent“) <i>n</i> =34	Chi <sup>2</sup>	p-Wert	
Tatsächliche Nutzung	5.15 (0.44) <i>n</i> =34	4.77 (0.56) <i>n</i> =35	5.01 (0.53) <i>n</i> =34	11.129	.025**	0.39
Anwendungswissen	5.36 (0.87) <i>n</i> =33	5.28 (0.94) <i>n</i> =35	5.39 (1.25) <i>n</i> =34	7.195	.707	0.91
Wissensanwendung	5.12 (1.07) <i>n</i> =34	5.17 (0.95) <i>n</i> =35	5.53 (0.73) <i>n</i> =34	11.262	.422	0.88
Theoretisches Wissen	4.98 (0.94) <i>n</i> =33	5.00 (0.75) <i>n</i> =33	5.24 (1.02) <i>n</i> =33	11.4642	.490	0.75
Wahrgenommener Nutzen	5.15 (0.9) <i>n</i> =33	5.06 (0.77) <i>n</i> =33	5.23 (0.69) <i>n</i> =34	20.1326	.325	0.87
Subjektive Norm	-	3.16 (1.05) <i>n</i> =33	3.82 (1.09) <i>n</i> =32	84.8025	.000***	0.61
Verbale Zufriedenheit	5.02 (0.9) <i>n</i> =31	5.08 (0.97) <i>n</i> =33	5.22 (0.94) <i>n</i> =32	16.2637	.435	0.88
Nonverbale Zufriedenheit	5.44 (0.8) <i>n</i> =34	5.36 (1.23) <i>n</i> =34	5.6 (0.75) <i>n</i> =34	5.5313	.560	0.94
Vertrauen	5.09 (0.95) <i>n</i> =32	4.5 (1.62) <i>n</i> =34	4.75 (1.39) <i>n</i> =32	9.1031	.522	0.87
Wahrgenommene Bedienbarkeit	-	1.51 (1.04) <i>n</i> =28	2.04 (1.47) <i>n</i> =20	8.009	.0182**	0.69
Nutzungsabsicht	5.15 (0.56) <i>n</i> =34	4.47 (1.18) <i>n</i> =35	5.04 (0.81) <i>n</i> =34	65.551	.000***	0.69

Signifikanzniveau: \*  $p < 0.1$  \*\*  $p < 0.05$  \*\*\*  $p < 0.01$ ; Werte: *MW* (*sd*)

**Tabelle 2: Gruppenunterschiede mit Kruskal-Wallis**

Die Unterschiede in der subjektiven Norm sind aufgrund des Treatments und auch vor dem Hintergrund der ergänzenden Interviews nicht zu erklären und können womöglich durch die Stichprobengröße bewirkt worden sein. Dementsprechend sollte sich der Unterschied bei einer höheren Teilnehmerzahl ausgleichen.

In 2-Gruppenvergleichen mit dem Mann-Whitney-U Test zeigten sich einige signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf den Lernerfolg. So meldete Gruppe 3 einen signifikant höheren Zugewinn an Wissensgewinn gegenüber der Kontrollgruppe ( $W = 444.5$ ,  $p = .078^*$ ), während Gruppe 3 („Permanent“) sich besser in theoretischen Grundlagen unterwies als Gruppe 2 offenbarte ( $W = 740.5$ ,  $p = .075^*$ ). Dies lässt darauf schließen, dass durch das permanente bzw. zeitweise Anbieten von Zusatzinformationen der Lernfokus der Anwender zwischen theoretischem Hintergrundwissen bzw. praktischem Anwendungswissen beeinflusst werden kann.

Der größere Lernerfolg der beiden Treatment-Gruppen konnte in neun Multiple-Choice-Fragen bekräftigt werden. Dazu wurden von den ausgewiesenen Fachexperten der Klinik neun Fragen entwickelt, die jeder Patient zum Ende der stationären Therapie beantworten können sollte. Die somit zusätzlich erhobenen Daten zeigen, dass Teilnehmer der Kontrollgruppe mit 5,8 ( $sd = 1,03$ ) weniger Fragen korrekt beantworten als Gruppe 2 ( $MW = 6,8$ ;  $sd = 1,38$ ) und Gruppe 3 ( $MW = 7,0$ ;  $sd = 1,40$ ). Dies deutet erneut eine gewisse Überlegenheit des interaktiven Videos aufgrund der Konzentration und Form der Darstellung des nötigen Wissens an.

Fehlende Werte für Subjektive Norm und Wahrgenommene Bedienbarkeit sind vor dem Hintergrund der Interviews nachzuvollziehen. Durch die letzte Antwortmöglichkeit, die intrinsische Motivation abbildet, wurden Probanden dazu verleitet, keine Antworten zu anderen potentiellen

Einflussquellen abzugeben. Dieser Umstand könnte durch Nachkodierung behoben bzw. in Zukunft durch einen Ersatz dieses Konstrukts mit „Freiwilligkeit“ vermieden werden.

### 4.3 Korrelationen und Respezifizierung der Nutzenmodells

Zur Aufdeckung von Zusammenhängen zwischen den Nutzenvariablen wurden Korrelationsanalysen nach Spearman durchgeführt (vgl. Tabelle 3).

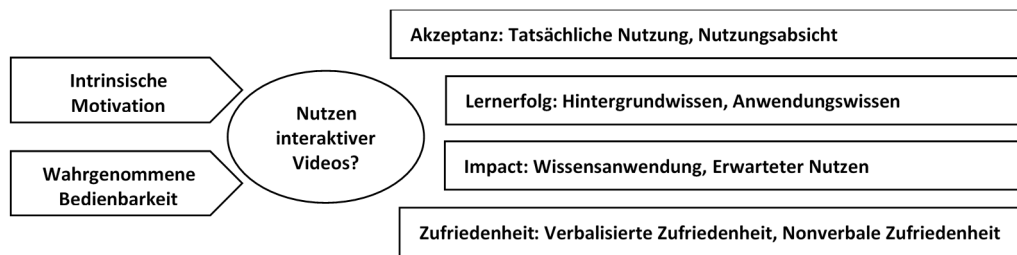
Variablen		TN	AW	WA	TW	N	SN	VZ	NZ	V	WB	NA
TN	Korr.	1.000	0.176	0.189	0.057	0.048	-0.221	-0.035	0.188	0.094	-0.221	-0.033
	Sign.	–	.073*	.055*	.567	.632	.025**	.723	.057*	.347	.025**	.741
AW	Korr.	0.176	1.000	0.773	0.612	0.642	0.084	0.499	0.586	0.392	-0.421	0.186
	Sign.	.73*	–	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***	.061*
WA	Korr.	0.189	0.773	1.000	0.684	0.685	0.094	0.521	0.636	0.429	-0.387	0.178
	Sign.	.055*	.000***	–	.000***	.000***	.345	.000***	.000***	.000***	.000***	.073*
TW	Korr.	0.057	0.642	0.684	1.000	0.645	0.127	0.496	0.512	0.492	-0.228	0.180
	Sign.	.567	.000***	.000***	–	.000***	.201	.000***	.000***	.000***	.021*	.069*
N	Korr.	0.048	0.642	0.685	0.645	1.000	0.027	0.702	0.674	0.537	-0.336	0.166
	Sign.	.632	.000***	.000***	.000***	–	.789	.000***	.000***	.000***	.000***	0.095*
SN	Korr.	-0.221	0.084	0.094	0.127	0.027	1.000	0.100	0.052	0.004	0.057	0.657
	Sign.	.025**	.401	.345	.201	.789	–	.313	0.600	.972	.569	.000***
VZ	Korr.	-0.035	0.499	0.521	0.496	0.702	0.100	1.000	0.592	0.476	-0.442	0.235
	Sign.	.723	.000***	.000***	.000***	.000***	.313	–	.000***	.000***	.000***	.017
NZ	Korr.	0.188	0.586	0.636	0.512	0.674	0.052	0.592	1.000	0.399	-0.382	-0.009
	Sign.	.057*	.000***	.000***	.000***	.000***	0.600	.000***	–	.000***	.000***	.931
V	Korr.	0.094	0.392	0.429	0.492	0.537	0.004	0.476	0.399	1.000	-0.130	-0.009
	Sign.	.347	.000***	.000***	.000***	.000***	.972	.000***	.000***	–	.188	.931
WB	Korr.	-0.221	-0.421	-0.387	-0.228	-0.336	0.057	-0.442	-0.382	-0.130	1.000	-0.109
	Sign.	.025**	.000***	.000***	.021*	.000***	.569	.000***	.000***	.188	–	.271
NA	Korr.	-0.033	0.186	0.178	0.180	0.166	0.657	0.235	0.129	-0.009	-0.109	1.000
	Sign.	.741	0.61*	.073*	.069*	0.095*	.000***	.017	.951	.931	.271	–

Signifikanzniveau: \* p<0.1 \*\* p<0.05 \*\*\* p<0.01

**Tabelle 3: Korrelationen**

Die Konstrukte Theoretisches Wissen, Anwendungswissen und Wissensanwendung sowie Vertrauen, Verbalisierte, und Nonverbale Zufriedenheit weisen jeweils untereinander eine signifikante und hohe positive Korrelation auf.

Nach unserem Verständnis drückt dies eine Mehrdimensionalität des Nutzens von interaktiven Videos in der Wissensvermittlung aus. Als Einflussfaktoren konnten die Bedienbarkeit in der jeweiligen Nutzungssituation, sowie die intrinsische Motivation zur Nutzung anstelle der subjektiven Norm identifiziert werden. Abbildung 1 zeigt als Ergebnis der Arbeit ein Wirkungsmodell zum Nutzen von interaktiven Videos. Dieses Modell postuliert die aus der Korrelationsanalyse Dabei werden die untersuchten Konstrukte vor dem Hintergrund bekannter Nutzenkonstrukte neu geordnet und entsprechend der Korrelationen Wirkungszusammenhänge postuliert.



**Abbildung 1: Wirkungsmodell zum Nutzen von interaktiven Videos**

## 5 Zusammenfassung

### 5.1 Beitrag zu Forschung und Praxis

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine explorative Nutzenmessung von interaktiven Videos. Hierzu wurde ein Messinstrument auf individueller Ebene aus der Literatur abgeleitet und in einem Vergleich zwischen verschiedenen Interaktivitätsniveaus angewendet.

Hinsichtlich des individuellen Nutzens konnte gezeigt werden, dass das interaktive Video der statischen Broschüre zu einem höheren Trainings- und Lernerfolg führt. Dabei führte das Angebot von Interaktionsmöglichkeiten auch zu deren erhöhten Nutzung, was sich im Untersuchungsdesign in einem wechselnden Fokus zwischen theoretischem Hintergrundwissen und praktischem Anwendungswissen führte. Demnach kann festgestellt werden, dass die Lernwirkung eines Videos mit Interaktionskonzepten gezielt beeinflusst werden kann. Mit Ausnahme dieser didaktischen Bedeutung konnte keine generelle Abhängigkeit der Wirkung von interaktiven Videos vom gewählten Interaktivitätsniveau festgestellt werden.

Aus wissenschaftlicher Perspektive liefert die Studie außerdem einen fundierten Einblick in die möglichen Nutzendimensionen von interaktiven Videos. Weiterhin konnten Tendenzen über die Wirkungsweise von interaktiven Videos mittels Korrelationsanalyse aufgezeigt werden, sodass ein Wirkungsmodell aus vier Hauptnutzenfaktoren und zwei Einflussfaktoren identifiziert werden konnte. Viele der Konstrukte weisen geringe bis hohe positive Korrelationen untereinander auf und sind damit konsistent mit den bisherigen Ergebnissen in der Nutzenmessung von IS während andere Korrelationen weiterer Untersuchung bedürfen.

Die Ergebnisse der Erhebung geben aus Praxissicht als Exempel darüber Aufschluss, ob und inwiefern die mit der Einführung eines interaktiven Videos verbundenen Ziele eines realen Unternehmens tatsächlich erreicht wurden. Die relativ geringe Technikaffinität und der krankheitsbedingte Einsatz stellen ein in vielerlei Hinsicht extremes Einsatzszenario dar, dessen Erfolg das Potential interaktiver Videos im Unternehmenseinsatz betont.

### 5.2 Limitationen

Einschränkungen der Ergebnisse der Vorstudie sind vor allem in der Eignung des aus der Literatur abgeleiteten Messinstruments zu sehen. Die Analyse der Cronbach's Alpha Werte konnte nicht für alle Konstrukte einen Alphawert von über 0,8 nachweisen. Auch die nachgewiesenen Korrelationen zwischen den Konstrukten können ein Indiz für einzelne ungeeignete Fragebogenitems sein. So ist auffällig, dass die Variable wahrgenommene Bedienbarkeit signifikante, jedoch geringe bis mittlere negative Korrelationen zu vielen Konstrukten aufweist, was gängigen Annahmen der IS-Nutzenmessung widerspricht (vgl. DeLone und McLean 1992). Lediglich Vertrauen und Nutzungsabsicht

korrelieren positiv mit der Variablen. Venkatesh und Davis (1996) fanden heraus, dass die sogenannte Selbstwirksamkeitserwartung einen starken Einfluss auf die wahrgenommene Bedienbarkeit hat, die im vorliegenden Fall auf Basis von nachträglichen Interviews als tendenziell gering eingeschätzt wird.

Weitere Kritikpunkte sind nicht kontrollierter Störfaktoren des Feldexperiments. Beispielsweise mussten verschiedenartige Privatgeräte verwendet werden. Die somit gewonnene hohe externe Validität kann in Zukunft durch ein Laborexperiment um interne Validität ergänzt werden. Zur Klärung interpretativer Unsicherheiten wurden nachträglich mit Vertretern aller Gruppen qualitative Leitfadeninterviews geführt, wie sie bei Langbauer (2016) beschrieben werden.

## 6 Literatur

- Chambel T, Zahn C, Finke M (2006) Hypervideo and Cognition. In: Alkhalifa E (ed) *Cognitively Informed Systems*. IGI Global, pp 26–49
- Davis FD (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13(3):319. doi: 10.2307/249008
- Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR (1989) User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science* 35(8):982–1003. doi: 10.1287/mnsc.35.8.982
- Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR (1992) Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace. *Journal of Applied Social Psychology* 22(14):1111–1132. doi: 10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x
- DeLone WH, McLean ER (1992) Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable. *Information Systems Research* 3(1):60–95. doi: 10.1287/isre.3.1.60
- DeLone WH, McLean ER (2004) Measuring e-Commerce Success: Applying the DeLone & McLean Information Systems Success Model. *International Journal of Electronic Commerce* 9(1):31–47
- Goodhue DL, Thompson RL (1995) Task-Technology Fit and Individual Performance. *MIS Quarterly* 19(2):213–236
- Herzog C, Richter A, Steinhüser M, Hoppe U, and Koch M (2013) Methods And Metrics For Measuring The Success Of Enterprise Social Software - What We Can Learn From Practice And Vice Versa. In: *ECIS '13 Completed Research: Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems*, Paper 132
- Hratinski S, Monstad T (2014) Exploring the relationship between the use of an interactive video website and organizational learning. *New Media & Society* 16(4):594–614. doi: 10.1177/1461444813487961
- Kim B (2012) The diffusion of mobile data services and applications: Exploring the role of habit and its antecedents. *Telecommunications Policy* 36(1):69–81. doi: 10.1016/j.telpol.2011.11.011
- King WR, He J (2006) A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management* 43(6):740–755. doi: 10.1016/j.im.2006.05.003
- Lattemann C (2013) Social und Mobile Media in deutschsprachigen Unternehmen 2012. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(292)
- Lehner F, Siegel B (2009) E-Learning mit interaktiven Videos - Prototypisches Autorensystem und Bewertung von Anwendungsszenarien. In: Schwill A (ed) *Lernen im digitalen Zeitalter*, P-153. Gesellschaft für Informatik, Bonn, pp 43–54
- Meixner B, Siegel B, Hölbling G, Lehner F, Kosch H (2010) SIVA suite - Authoring System and Player for Interactive Non-linear Videos. In: del Bimbo A, Chang S, Smeulders A (eds) *Proceedings of the international conference on Multimedia (MM '10)*, p 1563

- Neumann M, Sprenger J, Gemlik A, Breitner MH (2011) Untersuchung der praktischen Anwendbarkeit des IS-Erfolgsmodells von DeLone und McLean. In: Bernstein A, Schwabe G (eds) WI '11: Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Zürich
- Petan AS, Petan L, Vasiu R (2014) Interactive Video in Knowledge Management: Implications for Organizational Leadership. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 124:478–485. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.02.510
- Petter S, DeLone W, McLean E (2008) Measuring information systems success: models, dimensions, measures, and interrelationships. *European Journal of Information Systems* 17(3):236–263. doi: 10.1057/ejis.2008.15
- Reisberger T, Smolnik S (2008) Modell zur Erfolgsmessung von Social-Software-Systemen. In: Bichler, M., Hess, T., Krcmar, H., Lechner, U., Matthes, F., Picot, A., Speitkamp, B., Wolf, P., Bichler M (eds) MKWI '08: Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008. GITO-Verlag, Berlin, pp 565–577
- Richter A, Heidemann J, Klier M, Behrendt S (2013) Success Measurement of Enterprise Social Networks. In: Alt R, Franczyk B (eds) WI '13: Proceedings of the 11th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Paper 20
- Richter A, Mörl S, Trier M, Koch M (2011) Anwendungsszenarien als Werkzeug zur (V)Ermittlung des Nutzens von Corporate Social Software. In: Bernstein A, Schwabe G (eds) Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik
- Saadé RG (2007) Dimensions of Perceived Usefulness: Toward Enhanced Assessment. *Decision Sciences Journal of Innovative Education* 5(2):289–310
- Saadé RG, Nebebe F, Tan W (2007) Viability of the "Technology Acceptance Model" in Multimedia Learning Environments - A Comparative Study. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*(3):175–184
- Schulmeister R (2003) Lernplattformen für das virtuelle Lernen: Evaluation und Didaktik. Oldenbourg, München
- Smolnik S, Riempp G (2006) Nutzenpotenziale, Erfolgsfaktoren und Leistungsindikatoren von Social Software für das organisationale Wissensmanagement. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(252)
- Stocker A, Richter A, Hoeffler P, Tochtermann K (2012) Exploring Appropriation of Enterprise Wikis. *Comput Supported Coop Work* 21(2-3):317–356. doi: 10.1007/s10606-012-9159-1
- Tversky B, Morrison JB, Betrancourt M (2002) Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*(57):247–262
- Urbach N, Müller B (2012) The Updated DeLone and McLean Model of Information Systems Success. In: Dwivedi YK, Wade MR, Schneberger SL (eds) *Information Systems Theory: Explaining and Predicting Our Digital Society*, vol 28. Springer New York, New York, NY, pp 1–18
- Van der Heijden H (2004) User Acceptance of Hedonic Information Systems. *MIS Quarterly* 28(4):695–704
- Venkatesh V, Bala H (2008) Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences* 39(2):273–315. doi: 10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x
- Venkatesh V, Davis FD (1996) A Model of the Antecedents of Perceived Ease of Use: Development and Test. *Decision Sciences* 27(3):451–481. doi: 10.1111/j.1540-5915.1996.tb00860.x
- Venkatesh V, Davis FD (2000) A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science* 46(2):186–204. doi: 10.1287/mnsc.46.2.186.11926
- Wells AT, McCrory R (2011) Hypermedia and learning: Contrasting interfaces to hypermedia systems. *Computers in Human Behavior* 27(1):195–202. doi: 10.1016/j.chb.2010.07.036
- Yu J, Ha I, Choi M, Rho J (2005) Extending the TAM for a t-commerce. *Information & Management* 42(7):965–976. doi: 10.1016/j.im.2004.11.001
- Zhang D, Zhou L, Briggs RO, Nunamaker JF (2006) Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management* 43(1):15–27. doi: 10.1016/j.im.2005.01.004

# **Connect with Care: Protecting While Developing Knowledge in Networks of Organizations (Extended Abstract)**

**Markus Manhart<sup>1</sup>, Stefan Thalmann<sup>1</sup>, and Ronald Maier<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universität Innsbruck, Institut für Wirtschaftsinformatik, Produktionswirtschaft und Logistik,  
[vorname.nachname]@uibk.ac.at

## **Abstract**

Knowledge is no static resource; it develops over time. The innovation cycles have got shorter and the speed with which knowledge develops has increased in recent years. To overcome this challenge, organizations participate in networks to share and jointly develop knowledge. The participation, however, challenges organizations in avoiding risks such as the dilution of competitive advantages due to unwanted knowledge spillovers. Although the importance of knowledge protection in knowledge sharing networks has been recognized, prior research has focused primarily on dyadic relationships. Consequently, our understanding of knowledge protection in networks of organizations is scarce. The goal of this paper is to investigate how knowledge protection challenges are addressed while jointly developing knowledge in networks of organizations. Such an understanding is useful for networks to inform the design of mechanisms that allow their members to address their knowledge protection concerns while sharing knowledge in the networks. We performed 91 interviews with individuals representing organizations arranged in 16 networks. We found three dimensions along which networks restrict knowledge sharing: (1) groups of trusted people, (2) topics, and (3) details. Based on our findings we suggest that (a) the type, breath, and depth of knowledge shared and (b) the composition of the groups with which network members share are associated with the control an individual or an organization has while sharing knowledge.

## **1 Introduction**

Nowadays, knowledge becomes more and more dynamic, short-cycled (Salovaara and Tuunainen 2015) and is a challenge for organizations that need to develop knowledge to maintain their competitive advantages. One promising approach in this regard is to bundle resources and to develop knowledge jointly in networks (Miguélez and Moreno 2015). However, such a synergistic collaboration bears the risk that competitive knowledge unwantedly spills over to other members of the network (Trkman and Desouza 2012). Knowledge protection becomes more and more important to manage this risk (Pawlowski et al. 2014).

Research on knowledge development so far has mostly concentrated on ways to facilitate knowledge development on the team (Fiore et al. 2010) or organizational level (Nonaka 1991; Nonaka et al. 2000). We also found research about knowledge development in formal research and development projects, such as joint ventures or strategic alliances (Lei et al. 1997; Inkpen 1998) or in cooperation with universities and research bodies (Leiponen and Byma 2009). In addition, some papers investigate knowledge development in networks (Keeble and Wilkinson 1999). In line with the general lack of research on knowledge protection in knowledge management research (Manhart and Thalmann 2015), there is a lack of research investigating knowledge protection in network settings (Hernandez et al. 2015; Pahnke et al. 2015). An understanding of how networks address knowledge protection is useful to inform the design of mechanisms that allow network members to address their knowledge protection concerns so that they are enabled to contribute to jointly developing knowledge. This leads to the following research question:

*How do network members address knowledge protection challenges that arise while jointly developing knowledge?*

We address this research gap by exploring knowledge protection behavior on the three levels of social interaction group, community and network.

## 2 Procedure

We conducted 91 semi-structured interviews with interviewees from 16 networks in Austria, Germany and the United Kingdom. We conducted the interviews in the scope of the EU funded research project LAYERS between April 2014 and September 2015<sup>1</sup>. We organized our study in three rounds. In the *first* round, we performed 16 key informant interviews with 17 interviewees who had a good overview of the network members. In the *second* round, we conducted 61 informant interviews with members identified by the key informants of each network to explore knowledge protection behavior in the networks. Intermediate results of this investigation on knowledge protection in networks are published in (Manhart et al. 2015). In the *third* round, we performed 14 validation interviews and challenged the intermediate findings from the second round as well as to discuss specific phenomena in depth. We recorded and transcribed all interviews and analyzed them by applying an informed inductive coding procedure (Mayring 2014) carried out via Atlas.ti.

## 3 Results

Based on Nonaka and Takeuchi (1995) we used three levels of social interaction where knowledge is developed and matured (Maier and Schmidt 2015): (a) groups, (b) communities, and (c) networks as structuring element to present our results. For each level, we describe the purpose of connecting, the challenges of connecting, and the measures for protection. Table 1 synthesizes the findings of our study. The columns of the table refer to the different levels of social interaction, the rows refer to the different dimensions of analysis we chose.

---

<sup>1</sup> LEARNING LAYERS: <http://learning-layers.eu/>



Level of connecting Dimensions of analysis	Ego-centric group	Community	Network of organizations
Purpose of connecting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generation of new ideas</li> <li>- Feedback on existing ideas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refinement of ideas</li> <li>- Make ideas accessible to broader audience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establishing development projects</li> <li>- Support from network management</li> </ul>
Factors limiting control	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limited knowledge about recipients' horizon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limited influence over composition of community</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limited applicability of legal measures</li> </ul>
Risks of connecting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fear that recipients do not treat ideas confidentially</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fear that proximate members assimilate refined ideas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fear that network members exploit formalized knowledge</li> </ul>
Dominant protection measures	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restrict group to trusted people</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exclude topics from sharing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hide details for shared topics</li> </ul>

**Table 1 Purposes and challenges of connecting, and protection measures for different levels of connecting**

Interpreting the results in Table 1, we witnessed a decreasing level of control exerted over a collective on the different levels of social interaction. More precisely, we found that an individual exerts a high amount of control over a small ego-centric group to share immature ideas. On the community level, the ideas are refined and formalized whereas the control over a larger collective is decreased. On the network level, standardized knowledge artifacts are developed whereas individuals have only very little control over a large collective. Moreover, we found that restricting the sharing to a group of trusted people limits the number of people to share knowledge with and, hence, limits the sharing to detailed knowledge held by a few people. The exclusion of topics from sharing in communities limits the breadth of knowledge shared compared to ego-centric groups. The exclusion of topics and details from sharing in networks of organizations limits the depth of knowledge shared on selected topics.

We plan on further exploring the associations we found with the help of control theory in future research. Based on the integrated risk management framework (Thalmann et al. 2014) the instantiation of our findings into technical and organizational measures is planned.

#### *Acknowledgments:*

The research leading to the presented results was partially funded by the European Commission under the 7th Framework Programme (FP7) through the PoSecCo project (project no. 257129) and LEARNING LAYERS (contract no. 318209).

## **4 References**

Fiore SM, Rosen MA, Smith-Jentsch K, Salas E, Letsky M, Warner N (2010) Toward an understanding of macrocognition in teams: predicting processes in complex collaborative contexts. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 52:203-224

- Hernandez E, Sanders WG, Tuschke A (2015) Network defense: pruning, grafting, and closing to prevent leakage of strategic knowledge to rivals. *Academy of Management Journal* 58 (7):1233-1260
- Inkpen AC (1998) Learning and knowledge acquisition through international strategic alliances. *The Academy of Management Executive* 12 (4):69-80
- Keeble D, Wilkinson F (1999) Collective learning and knowledge development in the evolution of regional clusters of high technology SMEs in Europe. *Regional Studies* 33 (4):295-303
- Lei D, Slocum JW, Pitts RA (1997) Building cooperative advantage: Managing strategic alliances to promote organizational learning. *Journal of World Business* 32 (3):203-223
- Leiponen A, Byma J (2009) If you cannot block, you better run: Small firms, cooperative innovation, and appropriation strategies. *Research Policy* 38 (9):1478-1488
- Maier R, Schmidt A (2015) Explaining organizational knowledge creation with a knowledge maturing model. *Knowledge Management Research & Practice* 13:361-381
- Manhart M, Thalmann S (2015) Protecting Organizational Knowledge: A Structured Literature Review. *Journal of Knowledge Management* 19 (2):190-211
- Manhart M, Thalmann S, Maier R The Ends of Knowledge Sharing in Networks: Using Information Technology to Start Knowledge Protection. In: 23rd European Conference on Information Systems (ECIS), Münster, Germany, 2015.
- Mayring P (2014) Qualitative content analysis Theoretical Foundation, Basic Procedures and Software Solution
- Miguélez E, Moreno R (2015) Knowledge flows and the absorptive capacity of regions. *Research Policy* 44 (4):833-848
- Nonaka I (1991) The knowledge-creating company. *Harvard Business Review* 69 (6):96-104
- Nonaka I, Takeuchi H (1995) *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford Univ. Press, New York
- Nonaka I, Toyama R, Nagata A (2000) A firm as a knowledge-creating entity: a new perspective on the theory of the firm. *Industrial and Corporate Change* 9 (1):1-20
- Pahnke E, McDonald R, Wang D, Hallen B (2015) Exposed: Venture capital, competitor ties, and entrepreneurial innovation. *Academy of Management Journal* 58 (5):1334-1360
- Pawlowski JM, Bick M, Peinl R, Thalmann S, Maier R, Hetmank L, Kruse P, Martensen M, Pirkkalainen H (2014) Social Knowledge Environments. *Business & Information Systems Engineering* 6 (2):81-88
- Salovaara A, Tuunainen V Mediated Sharing as Software Developers' Strategy to Manage Ephemeral Knowledge. In: ECIS 2015, Münster, Germany, 2015. vol Paper 158. AIS,
- Thalmann S, Manhart M, Ceravolo P, Azzini A (2014) An Integrated Risk Management Framework: Measuring the Success of Organizational Knowledge Protection. *International Journal of Knowledge Management* 10 (2):28-42
- Trkman P, Desouza KC (2012) Knowledge Risks In Organizational Networks: An Exploratory Framework. *Journal of Strategic Information Systems* 21 (1):1-17

# **Do you know the Key Knowledge Actors in your Organization? Extending the Application of Organizational Social Network Analysis to Enterprise Social Networks**

**Janine Viol<sup>1</sup>, Freimut Bodendorf<sup>1</sup>, and Pascal Lorenz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Wirtschaftsinformatik,  
janine.viol@fau.de, freimut.bodendorf@fau.de

<sup>2</sup> University of Haute Alsace, IUT, pascal.lorenz@uha.fr

## **Abstract**

Knowledge management initiatives often focus on the capture and storage of what an employee knows. As such, they tend to neglect the social context of knowledge work. One important aspect of managing knowledge work concerns the understanding of knowledge processes and the involved actors. However, these are difficult to detect since knowledge work often takes place in informal organizational structures. Belonging to the category of Enterprise 2.0 applications, Enterprise Social Networks lead to a digitization of social relations and communication patterns within the company. Existing studies in “offline settings” identify informal networks based on survey data. Analyzing the data accumulating in the back end of Enterprise Social Networks may facilitate a more efficient and objective identification of knowledge flows and the involved actors in companies. The results of this analysis may contribute to organizational knowledge transparency and indicate where an organization is particularly vulnerable with regard to knowledge loss. Based on a literature review and a pilot study, this paper offers starting points on how to analyze employee relationships in Enterprise Social Networks.

## **1 Introduction**

Recently, companies have started to use internal online social networks in order to improve knowledge sharing and collaboration among employees. Belonging to the category of Enterprise 2.0 applications (McAfee 2006), well-known examples of these so-called Enterprise Social Networks (ESN) include IBM Connections, Jive and Yammer (Gartner 2013). Compared to public and open social networking sites, such as Facebook or the professional network LinkedIn, ESN are closed applications within a company’s intranet and include features such as a profile page, a newsfeed, search options and different communication channels (Koch et al. 2007; Richter 2010).

The effective management of knowledge in an organization is necessary to secure competitive advantage (Boisot 1998). To this end, knowledge management strategies often focus on the capture

and storage of what an employee knows (Parise et al. 2005). However, knowledge management initiatives in organizations often fail as they, on the one hand, focus too narrowly on the methods and tools supporting knowledge transfer, and, on the other hand, neglect the social context of knowledge work (Newell et al. 2009). Rather than managing knowledge, organizations should manage knowledge work. One aspect of managing knowledge work concerns the understanding of knowledge processes, i.e. the ways in which knowledge is shared, integrated, translated and transformed (Newell et al. 2009). Yet, knowledge work often takes place in informal organizational structures that are not fully obvious to a company's management (Parise et al. 2006). Embedded in these informal structures and the social context of individuals, knowledge processes and the associated knowledge actors, are difficult to detect. So far, informal organizational structures have received only little attention in knowledge management research. However, a better understanding of these structures is essential to improve knowledge transparency and protect organizational knowledge (Manhart and Thalmann 2015).

While interacting on the platform, ESN users leave digital traces (Behrendt et al. 2014), i.e. records of their activity. Hence, ESN enable a digitization of social relations and communication within the company. Extracting and analyzing ESN data, such as the profile pages of employees and the interactions between them, may facilitate a better understanding of knowledge processes and the characteristics of the individuals, i.e. knowledge actors, driving these processes. Recognizing important actors is of particular relevance in order to find out where an organization is particularly vulnerable with regard to knowledge loss (Helms and Buijsrogge 2005; Parise et al. 2006).

The analysis of the data accumulated in ESN is an emerging field of research. For instance, Behrendt et al. (2014) conceptualize digital traces to identify informal networks in ESN. Furthermore, Berger et al. (2014) investigate the structural characteristics of value adding users on ESN, i.e. users that help others with work-related matters. This paper addresses the question of how organizational social network analysis can facilitate the identification of key knowledge actors in an organization. Providing the theoretical background, the next sections contrast different perspectives on knowledge and introduce methods that are applied to identify key actors in offline settings. Using data collected in an offline setting, the subsequent pilot study applies and compares different approaches to identify key individuals in a team and the associated knowledge loss risks. Concluding this paper, the last part gives an outlook on how the approaches of the pilot study can be transferred to an ESN context so that data collected in ESN can be analyzed to identify key network roles.

## **2 Theoretical Background**

### **2.1 Perspectives on Knowledge**

Scholars considering knowledge as a commodity (McIver et al. 2012) distinguish between explicit and tacit knowledge. Explicit or codified knowledge can be transmitted in formal and systematic language, e.g., through documents such as reports or guidelines (Nonaka 1994). On the contrary, tacit knowledge is acquired through personal experience and is difficult to formalize and to communicate. Another research stream adopts the embedded or community view of knowledge that focuses on organizational knowing rather than organizational knowledge (McIver et al. 2012; Hosein 2013). Instead of considering knowledge as an object, these researchers argue knowing to be an action or process of organizational members that cannot be separated from them (Brown and Duguid 2001). Referred to as the interpretive discourse of knowledge management in information

systems research (Schultze and Leidner 2002), knowing is situated in practice and socially constructed by the members of an organization. Considering organizations as social networks with interdependent actors, the community perspective of knowledge is adopted in this paper.

## **2.2 Organizational Social Networks and Knowledge Management**

Taking up a social network perspective, organizations can be considered as a web of formal and informal linkages between employees (Allen et al. 2007). Prescribed by the management, formal social networks represent the organizational structure of a corporation. Oftentimes differing from the formal network, informal social networks are emergent and connect groups of individuals across the formal structures in an organization (Allen et al. 2007).

Representing a “company behind the charts” (Krackhardt and Hanson 1993), informal social networks are commonly constructed based on surveys identifying advice seeking relationships. In that context, advice seeking relationships are used to operationalize knowledge flows in the organization. The survey participants are asked who they turn to for advice regarding work-related matters, or who they receive information from (Chan and Liebowitz 2006), for instance. As a next step, the collected network data is visualized in a social network graph and analyzed using social network metrics. In this regard, social network analysis offers measures, e.g., network density or network centralization, to characterize whole networks or individuals, i.e., nodes, in the network (Wasserman and Faust 1994). These networks can be constructed at the level of teams, departments, or the whole organization. As to knowledge management challenges, organizational network analysis can be used to, e. g., assess the current state of collaboration by providing indicators of connectedness and help address the “lost knowledge” problem by identifying key people whose loss would represent the greatest risk for an organization (Anklam 2005a; Jennex 2014). In this regard, Parise et al. (2006) examined the knowledge loss risks associated with the exit of employees having the network roles of central connectors, brokers and peripheral players. While central connectors are often asked for advice due to their technical expertise and knowledge about “who knows what”, brokers are able to connect and integrate disparate groups. Peripheral players have niche expertise and less connections to other actors than central connectors and brokers. Assuming important roles in a company’s informal network and acting as proxies for the knowledge embedded in the organization, these three types of network players should be considered when making a decision where to create knowledge redundancies, develop successors or target retention efforts (Parise et al. 2006; Manhart and Thalmann 2015).

Extending organizational social network analysis, Helms and Buijsrogge (2005) created the knowledge network analysis approach to analyze knowledge transfer between employees. The approach includes (1) the identification of knowledge areas in the organization, (2) the identification of the main actors for each area and their levels of expertise and (3) the participation of all members of the organization in a questionnaire to identify the knowledge flows. The results of this analysis are used to create graphs focusing on different aspects of knowledge transfer, e. g., identifying different levels of expertise of the network members or indicating the distribution of expertise in the network.

## **3 Pilot Study**

Using data collected in an offline setting, the pilot study identifies key individuals in a team and points to knowledge loss risks applying three different approaches. Drawing on the work by Helms

and Buijsrogge (2005) and Anklam (2005b), it initially identifies knowledge areas and main actors in these areas by considering the employee profiles. Secondly, it points to key individuals in the formal network that is based on projects and tasks shared between team members as suggested by Allen et al. (2007). Thirdly, it creates informal networks based on a questionnaire identifying advice seeking relationships (e.g. Cross et al. 2002a; Chan and Liebowitz 2006) and analyzes the informal networks with regard to key network roles as done by Parise et al. (2006).

### 3.1 Data Collection

The test data is based on the case of a team in a department in a medium-sized German company. The team was selected due to the high level of heterogeneity amongst its members: It includes members with distinct backgrounds, skill sets and tasks which enables the collection of different advice seeking relationships. Moreover, it includes females as well as males and with varying lengths of tenure, which may or may not influence advice seeking and giving behaviors. The test data was generated by analyzing internal documents as well as by questioning two persons working in the team. At the time of data collection, the team had 15 team members with different levels of skills in the knowledge areas of administration (ADM), customer support (CS) and IT. The employees' skill areas and levels of skills were assessed based on the kinds of projects and tasks they had been involved in in the last two years. Table 1 gives an overview of the team members, their tenure in the department, and their skills. The level of skills ranges between 0 and 3, 0 indicating no skills in a knowledge area and 3 indicating a high level of skills. Employee tenure ranges between one and six years and the team has five female and ten male team members. Five employees have skills in one area (CS or ADM), eight team members have skills in two areas (combining either ADM and CS or CS and IT), and two employees, i.e., Tom and Simon, have skills in all three areas. Nine employees have different levels of skills in ADM, 13 in CS, and five team members are skilled in IT.

Besides the employee profiles, the test dataset contains information on the formal relationships between the employees as well as different dimensions of advice seeking relationships between the team members. The formal network is based on projects and tasks shared between employees in the last two years. Thus, the network ties are undirected and valued according to number of shared tasks over time. The advice seeking relationships (Cross et al. 2002a; Cross et al. 2002b; Chan and Liebowitz 2006) were generated with the help of two individuals who had been members of the team for two years. These two persons reported their observations about interactions between members of the team regarding the following aspects:

- Who does team member X seek information from regarding customer service?
- Who does team member X obtain feedback from regarding service specifications?
- Who does team member X seek information from when they have questions regarding administrative matters?
- Who does team member X seek information from regarding IT issues?

For each of these questions, the two experts could select up to three team members which resulted in four different advice seeking networks with directed relationships.

No	Name <sup>1</sup>	Gender	Tenure (years)	Skills			
				ADM	CS	IT	$\sum$ skill areas
1	Brigitte	f	4	2	3	0	2
2	Christoph	m	3	0	3	0	1
3	Clemens	m	3	2	3	0	2
4	Erik	m	3	0	3	2	2
5	Fritz	m	1	0	1	0	1
6	Gunnar	m	6	0	2	3	2
7	Julia	f	5	2	3	0	2
8	Karl	m	6	0	3	0	1
9	Lisa	f	2	0	2	0	1
10	Max	m	2	1	0	0	1
11	Simon	m	4	1	2	3	3
12	Thorsten	m	3	3	0	2	2
13	Tom	m	3	2	2	2	3
14	Ursula	f	6	2	3	0	2
15	Viktoria	f	4	2	3	0	2

<sup>1</sup> Names have been changed.

**Table 1: Overview of the dataset**

### 3.2 Data Analysis

The data was analyzed in order to identify key individuals and the associated knowledge loss risks using three different subsets of the dataset, i.e., (1) the employee profiles, (2) the formal network according to projects and tasks shared between team members, and (3) the advice seeking relationships.

#### 3.2.1 Identification of knowledge loss risks based on the employees' profiles

This first approach is based on secondary data including information on the employees' demographics and working history (Table 1). This information can be easily collected and is rather obvious from the perspective of a team leader. Potential knowledge loss risks are pointed out considering tenure and by identifying main actors in different knowledge areas, i.e., experts, as well as the employees with skills in many different areas (Helms and Buijsrogge 2005).

Assuming that tenure positively correlates with a high level of work experience and high amount of valuable knowledge (Parise et al. 2005; Jennex 2014), Gunnar, Ursula, Karl and Julia are identified as key individuals in the team as they are the longest-tenured employees, i.e., have been team members for five to six years. Considering the main actors for each knowledge area, i.e., the employees with a level of 3 in an area, leads to the identification of Thorsten as the only expert in ADM; Brigitte, Christoph, Clemens, Erik, Julia, Karl, Ursula, and Viktoria as highly knowledgeable persons in CS; and of Gunnar and Simon being the only IT experts. Due to the high number of experts, the area of CS does not seem to be at a high knowledge loss risk and can be neglected. Thus, Thorsten, Gunnar and Simon are identified as the main actors for the respective knowledge areas. The third perspective identifies the employees with skills in many different areas. Applied to

the test data, Simon and Tom can be identified as the two team members with skills in all three knowledge areas.

In summary, based on the employees' profiles Gunnar and Simon can be considered as the two employees representing a high knowledge loss risk as they were key persons in two out of three perspectives:

- Gunnar is a long-tenured employee who has a high level of IT skills.
- Simon is an IT expert and one of the two employees having skills in all three areas.

### **3.2.2 Identification of knowledge loss risks based on the formal network**

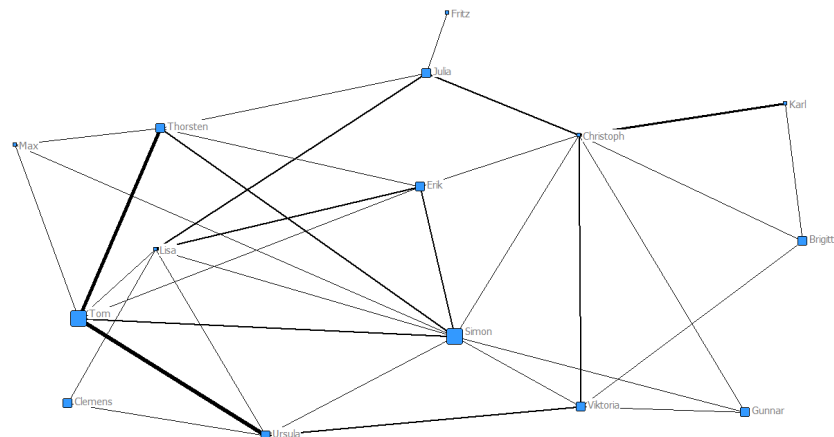
The relationships in the formal network (Figure 1) reflect common projects and tasks of employees over the last two years. Similar to the employee profiles, the necessary information to construct the network can be retrieved based on secondary data. The resulting connections between employees are slightly less obvious to a team leader who may be more familiar with the current situation in their team than the situation as of two years before.

The size of the edges reflects the number of shared tasks over time. The thicker the line, the higher the number of shared tasks. The nodes in the network are sized according to the employees' numbers of skills in different areas:

- Small node size indicates skills in one area: Max, Fritz, Karl, Lisa, and Christoph.
- Medium node size points to skills in two areas: Viktoria, Gunnar, Julia, Thorsten, Erik, Ursula, Brigitte, and Clemens.
- Large node size indicates skills in three areas: Tom and Simon.

Different network measures, such as the degree centrality, in-degree or out-degree, betweenness centrality, closeness centrality and eigenvector centrality, can be calculated in order to characterize the nodes and to identify key nodes in a network (Hanneman and Riddle 2005). With regard to the graph shown in Figure 1, the degree centrality, betweenness centrality and closeness centrality (Krebs 2011) are calculated using UCINET. UCINET is a widely used software package for the analysis of social network data that provides powerful analytical tools as well as the visualization tool Netdraw (Borgatti et al. 2002). Having the highest number of direct contacts based on shared tasks and therefore the highest degree centrality, Simon is at the center of the network. Thus, he can reach many people directly. Moreover, Simon has the highest closeness centrality which points to him assuming the role of a communicator in the network who can reach the other network members very fast (Krebs 2011). Besides his roles of a central connector and communicator in the network, Simon has the second highest betweenness centrality which indicates a brokering position. Having the highest betweenness centrality, Christoph is considered as a broker in the network. Connecting many others, brokers are suggested to have the power to enable or restrict knowledge flows in the network (Krebs 2011). Moreover, Christoph has the second highest values for degree centrality and closeness centrality which indicates that he assumes the roles of a central connector and communicator in the network after Simon.



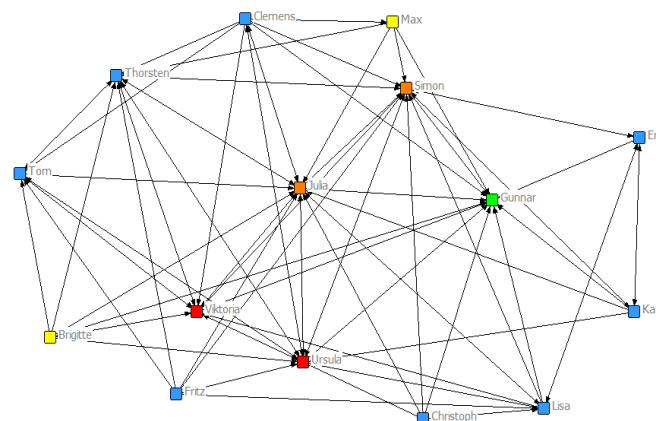


**Figure 1: Formal organizational network based on shared tasks**

Considering only the highest and second highest scores for each network measure, Simon and Christoph can be identified as key individuals in the formal network.

### 3.2.3 Identification of knowledge loss risks based on the advice seeking relationships

The advice seeking relationships in Figure 2 provide an aggregated view of the different advice seeking dimensions, i.e., the graph includes the relations seek advice regarding (1) customer service, (2) service specifications, (3) administrative matters, and (4) IT issues. Traditionally collected in questionnaires, information on the (informal) advice seeking relationships would be less obvious to a manager than the data used in the two previously discussed approaches (Cross et al. 2002a; Cross et al. 2002b).



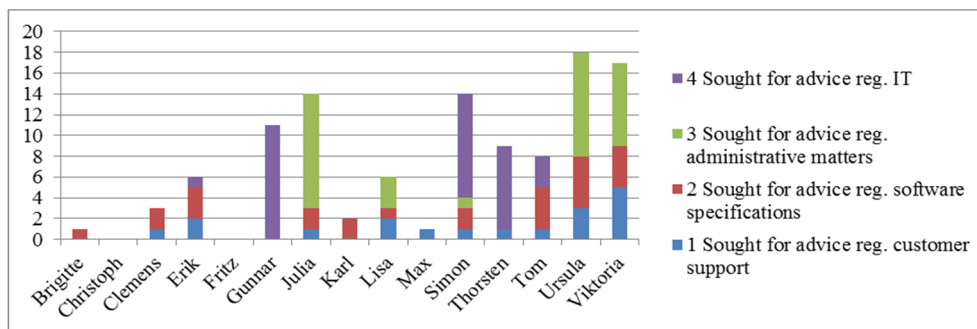
**Figure 2: Informal network based on advice seeking relationships**

The arrows in Figure 2 indicate the direction of a relationship. For instance, Brigitte asks Thorsten for advice. Relationships with two arrows are bidirectional, e.g., Karl and Erik ask each other for advice. The lines in the graph are not valued. Christoph, for instance, asks Julia for advice with regard to dimension 1, 2 and 3 but this information cannot be read from the graph. Based on the approach of Parise et al. (2005), Figure 2 identifies the following network positions:

- Central connector (red): Viktoria, Ursula, (Julia), and (Simon)

- Peripheral player (yellow): Brigitte, Max
- Broker (green): Gunnar, (Julia), and (Simon)
- Central connector and broker (orange): Julia and Simon

Central connectors and peripheral players are identified by calculating the actors' in-degree centralities, i.e., the number of ingoing links. Central connectors have an in-degree one standard deviation above the average in-degree whereas peripheral players are one standard deviation below the average in-degree centrality for their organization's network. Applied to the case, Viktoria, Ursula, Julia, and Simon have the highest numbers of ingoing links, i.e., many other network members asking them for advice. Brigitte and Max are peripheral players rarely asked for advice. Gunnar, Julia and Simon are one standard deviation above the average betweenness score for the network and are identified as brokers. Thus, Julia and Simon assume the roles of both central connectors and brokers in the network. Figure 3 shows which types of advice the different network member are asked for.



**Figure 3: Overview of the types of advice team members are sought for**

Having the highest overall scores, Ursula and Viktoria can be identified as the two persons most often asked for advice. Ursula is the person most often asked with regard to service specifications and Viktoria has the highest number of ingoing links for questions on customer support. Both of them have high values with regard to the respective other two dimensions as well as for questions regarding administrative issues. Julia and Lisa are asked for advice with regards to the same three dimensions. Compared to Ursula and Viktoria, Julia is asked a lot more often for advice regarding administrative issues and Lisa receives a lot less questions in general. Consistent with his high level of skills in IT, Simon is consulted most often regarding IT-related questions. Moreover, he can be identified as the only team member who is asked for advice regarding all four dimensions. Interestingly, Thorsten who has previously been identified as a main actor in ADM is not asked for advice regarding administrative issues at all but seems to be a hidden champion in the IT area. Tom and Erik are asked regarding issues in the areas of IT, software specifications and CS with Tom focusing slightly more on IT. Receiving only IT-related questions, Gunnar can be considered as the team's third IT expert. Brigitte, Christoph, Karl and Max play a minor role in the informal network.

Summarizing the findings of the analyses of the advice seeking relationships, Julia and Simon are identified as key individuals as both of them assume the roles of central connectors and brokers in the network and are experts in ADM and IT respectively. Max and Brigitte have been identified as peripheral players. Ursula and Viktoria both assume the role of central connectors and are asked for advice regarding three out of four dimensions.

## 4 Summary and Discussion

Table 2 gives an overview of the key individuals identified based on the three different subsets of the dataset, i.e., the employee profile, the formal network and the informal network (advice seeking relationships). The numbers indicate how often a person has been identified as a key individual based on each of the three subsets and across all subsets.

Based on the employee profile, the (sudden) exit of Gunnar and Simon would hurt the department most. The formal network identifies Simon and Christoph as key individuals. According to the advice seeking relationships, losing Simon or Julia would represent the biggest knowledge loss. Taking all perspectives together, Simon's exit would represent a high risk for losing important knowledge as he can be identified as a key person in every case. Secondly, the potential exit of Julia is considered a knowledge loss risk due her important position in the informal network.

No	Name	Employee profile	Formal network	Informal network	Overall
1	Brigitte	0	0	1	1
2	Christoph	0	1	0	1
3	Clemens	0	0	0	0
4	Erik	0	0	0	0
5	Fritz	0	0	0	0
6	Gunnar	2	0	1	3
7	Julia	1	0	3	4
8	Karl	1	0	0	1
9	Lisa	0	0	0	0
10	Max	0	0	1	1
11	Simon	2	2	3	7
12	Thorsten	1	0	0	1
13	Tom	1	0	0	1
14	Ursula	1	0	2	3
15	Viktoria	0	0	2	2

**Table 2: Comparison of identified key individuals across the different subsets**

The information obtained through the analysis of the informal network can be used to derive strategies to avoid knowledge loss (Parise et al. 2006). Redundancies should be created with regard to the central connectors, i.e., Julia, Simon, Ursula and Viktoria, by connecting them with newcomers. The visibility of peripheral players, i.e., Brigitte and Max, should be increased since they appear to have some key niche expertise (Parise et al. 2006). To leverage the full potential of brokers, such as Julia, Gunnar and Simon, these individuals should be promoted, for instance by giving them more responsibility.

The dataset of the pilot study is very small and partly based on the observation of two members of the team. Clearly, these observations are subjective and the findings cannot be generalized. Yet, the findings provide interesting starting points for future research:

- Each of the perspectives yields slightly different results, i.e., key individuals. A combination of the different perspectives leads to a more comprehensive picture and provides additional value

with regard to the identification of knowledge loss risks. For instance, it does not seem to be sufficient to consider tenure only. Depending on the focus of the analysis, the perspectives can be combined and rated in different ways.

- Confirming the findings of Allen et al. (2007) and Parker et al. (2002), the formal network differs from the informal network. In the case, Christoph plays a very important role in the formal network as he has shared tasks with many different people. However, his position in the informal network is negligible. On the other hand, the informal network reveals hidden champions. For instance, Julia has an average role in the formal network but plays a very important role in the informal network. Ursula and Viktoria seem to have knowledge in many different areas as they are asked for advice by many people. This knowledge may not be obvious to, e. g., the team leader. The identification of hidden knowledge loss risks can raise awareness for these persons.

## 5 Conclusion and Outlook

Using three different subsets of data, the pilot study identifies key individuals in a team. It illustrates how organizational network analysis and in particular the analysis of informal networks can lead to a more comprehensive picture. Following the traditional approach, the analysis relies on data collected in internal documents and a questionnaire. Yet, questionnaires are not feasible to produce valid and complete datasets especially when networks are big and have distributed actors. Also, social networks are subject to dynamic change which further complicates the data collection (Fischbach et al. 2010).

Electronic ways of communication and in particular the extraction and analysis of ESN data enables a more efficient data collection in order to analyze communication networks of and knowledge flows between employees. Representing platforms for knowledge-intensive work practices (Riemer and Scifleet 2012), ESN data can be collected for the different subsets of data in the pilot study:

- Employee profiles: Employee profiles on ESN provide information such as an employee's name, gender, tenure, and departmental affiliation (Koch et al. 2007; Richter 2010). Areas of expertise could be identified based on the topics tagged or the groups contributed to by a user.
- Formal networks: Depending on the platform, ESN provide information on e.g. the projects of individuals and reporting paths (Smith et al. 2009). Furthermore, collaboratively edited documents could be identified to derive formal relationships in a more implicit way.
- Informal networks: ESN enable the posting of status updates and the commenting of these updates. They further enable private messages between users and the tagging of other users. Based on this information, networks showing relationships based on comments or tags can be created. Furthermore, searching for text strings such as "Where can I find...", "Do you know..." or "Does anybody have..." in status updates, questions can be distinguished from non-questions (Huang and DeSanctis 2005). The quality of an answer could be measured by considering the received "Likes" or ratings. Analyzing the question and answer behavior may enable the detection of advice seeking and advice giving relationships on the ESN.

Compared to traditional ways of data collection, the extraction and analysis of ESN data seems promising in that it may facilitate a more comprehensive, objective and thus, valid perspective on (informal) organizational networks. Uncovering social relationships in ESN can provide additional information and support managers in the identification of key individuals and the associated knowledge loss risks. For instance, the data could be used to calculate the likelihood of knowledge

loss values (Jennex 2014). Taking into account an employee's "social profile", e. g. the willingness of individuals to share knowledge, and their level of connectedness goes beyond the information that is stored in, e. g., their entry in a skill database. Hence, the analysis of the data accumulated in ESN could contribute significantly to making knowledge management more sustainable. To this end, the next steps of this research project include the transfer of the ideas presented in the pilot study to a larger organization using data collected in an ESN.

## 6 References

- Allen J, James AD, Gamlen P (2007) Formal versus informal knowledge networks in R&D: A case study using social network analysis. *R&D Manag* 37(3):179–196
- Anklam P (2005a) Masterclass: Social-network analysis, Part I. *Insid. Knowl.* 30–33
- Anklam P (2005b) Masterclass: Social-network analysis, Part II. *Insid. Knowl.* 30–33
- Behrendt S, Richter A, Riemer K (2014) Conceptualisation of Digital Traces for the Identification of Informal Networks in Enterprise Social Networks. In: *ACIS 2014 Proceedings*
- Berger K, Klier J, Klier M, Richter A (2014) "who is Key...?" - Characterizing Value Adding Users in Enterprise Social Networks. In: *ECIS 2014 Proceedings*
- Boisot MH (1998) *Knowledge Assets: Securing Competitive Advantage in the Information Economy*. Oxford University Press, Oxford
- Borgatti SP, Everett MG, Freeman LC (2002) *UCINET 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard: MA, Analytic Technologies
- Brown JS, Duguid P (2001) Knowledge and Organization: A Social-Practice Perspective. *Organ Sci* 12(2):198–213
- Chan K, Liebowitz J (2006) The synergy of social network analysis and knowledge mapping: a case study. *Int J Manag Decis Mak* 7(1):19–35
- Cross R, Borgatti SP, Parker A (2002a) Making invisible work visible: Using social network analysis to support strategic collaboration. *Calif Manage Rev* 44(2):25–47
- Cross R, Nohria N, Parker A (2002b) Six myths about informal networks-and how to overcome them. *MIT Sloan Manag Rev* 43(3):67–75
- Fischbach K, Schoder D, Putzke J, Gloor PA (2010) Der Beitrag der Wirtschaftsinformatik zur Analyse und Gestaltung von informellen Netzwerken. In: Stegbauer C, Häußling R (eds) *Handbuch Netzwerkforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp 679–686
- Gartner (2013) Magic Quadrant for Social Software in the Workplace. <https://www.jivesoftware.com/discover-jive/analyst-reports/gartner-magic-quadrant/>. Accessed 17 Sept 2015
- Hanneman RA, Riddle M (2005) *Introduction to social network methods*. University of California, Riverside, CA
- Helms R, Buijsrogge K (2005) Knowledge Network Analysis: A Technique to Analyze Knowledge Management Bottlenecks in Organizations. In: *16th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'05)*

- Hosein JM (2013) Social Technologies and Informal Knowledge Sharing within and across Organizations. [http://surface.syr.edu/it\\_etd/79/](http://surface.syr.edu/it_etd/79/). Accessed 17 Sept 2015
- Huang S and DeSanctis G (2005) Mobilizing informational social capital in cyber space: Online social network structural properties and knowledge sharing. In: ICIS 2005 Proceedings
- Jennex ME (2014) A proposed method for assessing knowledge loss risk with departing personnel. *VINE* 44:185–209.
- Koch M, Richter A, Schlosser A (2007) Produkte zum IT-gestützten Social Networking in Unternehmen. *Wirtschaftsinformatik* 49(6):448–455
- Krackhardt D, Hanson JR (1993) Informal networks: The company behind the charts. *Harv Bus Rev* 71(4):104–111
- Krebs V (2011) Social Network Analysis: A Brief Introduction. <http://www.orgnet.com/sna.html>. Accessed 17 Sept 2015
- Manhart M, Thalmann S (2015) Protecting organizational knowledge: a structured literature review. *J Knowl Manag* 19:190–211.
- McAfee AP (2006) Enterprise 2.0: The Dawn of Emergent Collaboration. *MIT Sloan Manag Rev* 47(3):21–28
- McIver D, Lengnick-Hall CA, Lengnick-Hall ML, Ramachandran I (2012) Integrating knowledge and knowing: A framework for understanding knowledge-in-practice. *Hum Resour Manag Rev* 22(2):86–99
- Newell S, Robertson M, Scarbrough H, Swan J (2009) *Managing Knowledge Work and Innovation* (2nd edition). Palgrave Macmillan, Basingstoke
- Newell S (2014) Managing knowledge and managing knowledge work: what we know and what the future holds. *J Inf Technol* 30(1):1–17
- Nonaka I (1994) A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organ Sci* 5(1):14–37
- Parise S, Cross R, Davenport TH (2005) It 's Not What But Who You Know: How Organizational Network Analysis Can Help Address Knowledge Loss Crises. [http://www.robccross.org/pdf/roundtable/lost\\_knowledge.pdf](http://www.robccross.org/pdf/roundtable/lost_knowledge.pdf). Accessed 17 Sept 2015
- Parise S, Cross R, Davenport TH (2006) Strategies for Preventing a Knowledge-Loss Crisis. *MIT Sloan Manag Rev* 47(4):31–38
- Richter A (2010) *Der Einsatz von Social Networking Services in Unternehmen*. Gabler, Wiesbaden
- Riemer K, Scifleet P (2012) Enterprise social networking in knowledge-intensive work practices: a case study in a professional service firm. In: ACIS 2012 Proceedings
- Schultze U, Leidner DE (2002) Studying Knowledge Management in Information Systems Research: Discourses and Theoretical Assumptions. *MIS Q* 26:213.
- Smith MA, Hansen DL, Gleave E (2009) Analyzing Enterprise Social Media Networks. In: 2009 International Conference on Computational Science and Engineering. IEEE, Vancouver, BC
- Wasserman S, Faust K (1994) *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge University Press, Cambridge

## Inhaltsverzeichnis Band I

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Sponsoren</b>	<b>7</b>
<b>Organisation</b>	<b>9</b>
Konferenzleitung und -organisation	9
Erweitertes Organisationskomitee	9
Teilkonferenzleitungen	10
Programmkomitee-Mitglieder aller Teilkonferenzen	11
Übersicht der Teilkonferenzen	15
<b>Keynotes</b>	<b>21</b>
Process Mining: Spreadsheet-Like Technology for Processes <i>Wil van der Aalst</i>	23
Digitale Souveränität – Die Überlebensstrategie für den IT-Standort Europa <i>Winfried Holz</i>	27
Benutzer-zentriertes Design in Unternehmen: Vom Exoten zum echten Wettbewerbsvorteil <i>Michael Byczkowski</i>	29
<b>Teilkonferenz 11. Konferenz Mobilität und Digitalisierung (MMS 2016)</b>	<b>31</b>
Opportunities and Challenges for Local Retailing in an Environment Dominated by Mobile Internet Devices – Literature Review and Gap Analysis <i>Jonas Härtfelder and Axel Winkelmann</i>	33
Deconstructing the Sharing Economy: On the Relevance for IS Research <i>Robin Knotte and Ivo Blohm</i>	45
The Future of Personal Urban Mobility – Towards Digital Transformation <i>Everlin Piccinini, Carlos K. Flores, Daniele Vieira, and Lutz M. Kolbe</i>	55
<b>Teilkonferenz Automated Process und Service Management</b>	<b>67</b>
Towards multi-dimensional Clustering of Business Process Models using Latent Dirichlet Allocation <i>Tobias Dumont, Peter Fettke, and Peter Loos</i>	69
Modeling Complex Event Patterns in EPC-Models and Transforming them into an Executable Event Pattern Language <i>Julian Krumeich, Manuel Zapp, Dirk Mayer, Dirk Werth, and Peter Loos</i>	81
A Vector Space Approach to Process Model Matching using Insights from Natural Language Processing <i>Tim Niesen, Sharam Dadashnia, Peter Fettke, and Peter Loos</i>	93
<b>Teilkonferenz Business Intelligence, Analytics und Big Data</b>	<b>105</b>
Automatische Klassifizierung von Data-Warehouse-Daten für das Information Lifecycle Management <i>Sebastian Büsch, Volker Nissen und Arndt Wünscher</i>	107

MetaSimLab: Ein Labor zur Validierung und Kalibrierung agentenbasierter Simulationen für die betriebswirtschaftliche Entscheidungsunterstützung <i>Catherine Cleophas und Janina Knepper</i>	119
Ignored, Accepted, or Used? Identifying the Phase of Acceptance of Business Intelligence Systems <i>Johannes Epple, Elisabeth Fischer, Stefan Bischoff, Robert Winter, and Stephan Aier</i>	131
Eine Balanced Scorecard für das systematische Datenqualitätsmanagement im Kontext von Big Data <i>Volker Frehe, Thomas Adelmeyer und Frank Teuteberg</i>	143
Towards Game-based Management Decision Support: Using Serious Games to Improve the Decision Process <i>Christian Karl Grund and Marco Christian Meier</i>	155
Instance Selection Method Identifying Relevant Events with Domain Knowledge and Less Human Involvement <i>Marco Pospiech and Carsten Felden</i>	167
Ein Datenmodell zur Unterstützung der Datenintegration von Nutzeraktivitäten aus verschiedenen sozialen Netzwerken <i>Marcel Rosenberger, Christiane Lehrer und Reinhard Jung</i>	179
Metadatenmanagement in der BI – Ein strukturierter Literaturreview zum aktuellen Forschungsstand und Zukunftsperspektiven <i>Christian Schieder, Antje König und Peter Gluchowski</i>	191
<b>Teilkonferenz Computational Mobility, Transportation and Logistics</b>	<b>203</b>
Strategy-Proof Assignment of Bundles with Ordinal Preferences: An Application in Retail Logistics <i>Sören Merting, Paul Karaenke, and Martin Bichler</i>	205
A Three-Phase Heuristic for a Multi-Size Container Transport Problem with Partially Specified Requests <i>Niklas Nordsieck, Tobias Buer, and Jörn Schönberger</i>	217
Problem-Specific State Space Partitioning for Dynamic Vehicle Routing Problems <i>Ninja Soeffker, Marlin W. Ulmer, and Dirk C. Mattfeld</i>	229
<b>Teilkonferenz CSCW &amp; Social Computing</b>	<b>241</b>
Widerstand beim Einsatz von Kollaborationssystemen in Unternehmen: Eine Untersuchung zu Entstehung, Ursachen und Maßnahmen <i>Lukas Altherr, Katharina Ebner und Stefan Smolnik</i>	243
What Do We Know About Task Characteristics of Crowdsourcing? <i>Nicolas Knop and Ivo Blohm</i>	255
Der Einfluss von Technologieeigenschaften von Group Decision Support Systemen auf Gruppenentscheidungen im Hidden Profile <i>Jens Lamprecht, Hoang Phi Le und Susanne Robra-Bissantz</i>	267
Integrated Virtual Cooperation in Product Costing in the Discrete Manufacturing Industry: A Problem Identification <i>Diana Lück and Christian Leyh</i>	279
Towards Shared Understanding: Suggesting Principles for Boundary Objects' Use in Innovation Communities <i>Marc Marheineke, Karl Rabes, Bernhard Doll, and Kathrin M. Möslin</i>	291



Einfluss von Demographie und Führungsverantwortung auf die Adaption von Technologien zur Unterstützung organisationaler Ad-hoc-Kommunikation <i>Christian Meske, Tobias Kissmer und Stefan Stieglitz</i>	303
Geodaten in Social Media als Informationsquelle in Krisensituationen <i>Milad Mirbabaie, Nils Tschampel und Stefan Stieglitz</i>	315
The Case of UniConnect – The Shaping of an Academic Collaboration Platform <i>Petra Schubert and Susan P. Williams</i>	327
Nutzenpotenziale von Enterprise Social Software im Innovationsprozess <i>Melanie Steinhüser, Christian Herzog und Victoria Peuker</i>	339
Information Systems Research on Enterprise Social Networks – A State-of-the-Art Analysis <i>Janine Viol and Johannes Hess</i>	351
<b>Teilkonferenz Cyber-Physische Systeme und digitale Wertschöpfungsnetzwerke</b>	<b>363</b>
Intelligent Road Pavement Logistics <i>Marcus Mueller, Marvin Hubl, Johannes Merkert, Robin Kuenzel, Sebastian Meyl, and Wladislaw Nill</i>	365
Referenzarchitektur für Cyber-physische Systeme zur Unterstützung der Instandhaltung <i>Andreas Reidt und Helmut Krcmar</i>	377
<b>Teilkonferenz Digitalisierung und Privacy</b>	<b>389</b>
Wer weiß was? – Digitale Privatsphäre und App-Literacy aus Nutzerperspektive <i>Christoph Buck, Daniela Kaubisch und Torsten Eymann</i>	391
Perceived Threats of Privacy Invasions: Measuring Privacy Risks (Extended Abstract) <i>Sabrina Hauff, Manuel Trenz, Virpi Kristiina Tuunainen, and Daniel Veit</i>	403
<b>Teilkonferenz e-Commerce und e-Business</b>	<b>407</b>
Was hält Schweizer KMU davon ab, Social Media zu nutzen? <i>Michael Beier und Kerstin Wagner</i>	409
Digitalisierung des inhabergeführten stationären Einzelhandels: Zur Rolle der Wahrnehmung von Wettbewerbsdruck und Kundenerwartungen <i>Lars Bollweg, Richard Lackes, Markus Siepermann, Arbnesh Sutaj und Peter Weber</i>	421
Mutual Understanding in e-Negotiations <i>Simon Bumiller and Mareike Schoop</i>	433
Personalisierungsmöglichkeiten von mobilen Apps <i>David Julian Hornung, Martin Dill und Axel Winkelmann</i>	443
On the Changing Nature of Inter-organizational Technologies, Their Success Factors, and the Impact on Modern B2B Relationships – a Literature Review <i>Stanislav Kreuzer and Claudia Kurz</i>	455
Sometimes You Win, Sometimes You Learn – Success Factors in Reward-Based Crowdfunding <i>Michael Marcin Kunz, Oliver Englisch, Jan Beck, and Ulrich Bretschneider</i>	467
Supplier Relationship Management in Information Systems Research: A Literature Review <i>Sebastian Zander and Lutz M. Kolbe</i>	479

<b>Teilkonferenz E-Government – Informations- und Kommunikationstechnologien im öffentlichen Sektor</b>	<b>491</b>
Attitude vs. Attitude – The Problem of Competing Attitudes in E-Government Adoption <i>Friedrich Born and Julia Krönung</i>	493
Bürgerzufriedenheit durch E-Government? – Eine Analyse auf Basis des Kano-Modells <i>Marietheres Dietz, Julia Klier, Mathias Klier und Katharina Wiesneth</i>	505
Krisenkommunikation 2.0: Potenziale und Risiken am Beispiel des Elbehochwassers 2013 in Dresden <i>Wissam Tawileh und Stefan Kretzschmar</i>	517
<b>Teilkonferenz E-Learning und Lern-Service-Engineering – Entwicklung, Einsatz und Evaluation technikgestützter Lehr-/Lernprozesse</b>	<b>529</b>
Towards the Conceptual Development of a Business Model for Massive Open Online Courses <i>Christina Di Valentin, Dirk Werth, and Peter Loos</i>	531
Wie die Analyse von Entscheidungsdaten Planspielveranstaltungen verbessern kann und warum sich der Aufwand lohnt – Eine Fallstudie <i>Janne Kleinhans und Matthias Schumann</i>	543
Gestaltung einer nachhaltigen Online-Lernumgebung für Elektromobilität – Erfolgsfaktoren und Unterstützungsmöglichkeiten <i>Christoph Kollwitz, Barbara Dinter, Joseph Hess und Angelika C. Bullinger</i>	555
Learning Analytics für eine verbesserte Lernbegleitung in kollaborativen formellen E-Learning-Angeboten <i>Michel Rietze und Corinna Hetmank</i>	567
Mass Customization im Lernservice Engineering: Realisierung durch einen webbasierten Baukasten für die Gründungslehre <i>Hannes Rothe, Martin Gersch und Robert Tolksdorf</i>	579
Design for Collaborative Contextualization of Open Educational Resources <i>Julia D. Stoffregen, Jan M. Pawlowski, Sabine Moebs, John Traxler, Vania Valeska Guerra Correa, and Arun Prakash</i>	591

## Inhaltsverzeichnis Band II

<b>Teilkonferenz eHealth as a Service – Innovationen für Prävention, Versorgung und Forschung</b>	<b>619</b>
The Influence of Perceived Health Increase on Activity Tracker Usage <i>Claus-Peter H. Ernst, Florian Rheingans, and Burhan Cikit</i>	621
IKT als Enabler für soziale Innovationen in Smart Rural Areas – Das Alter im ländlichen Raum hat Zukunft <i>Volker Frehe, Frank Teuteberg und Ingmar Ickerott</i>	631
Von der Analyse zum Design: Entwicklung eines mHealth-Systems als individualisierte Behandlungsform zur Rückfallprophylaxe bei Drogenabhängigkeit <i>Ulf Gerhardt, Volker Hindermann und Andreas Kiesow</i>	643
Empirische Analyse des Einsatzes von Critical Incident Reporting Systemen (CIRS) an deutschen Universitätskliniken <i>Thomas Lux und Holger Raphael</i>	655
Analyzing mHealth Projects in Developing Countries <i>Christina Niemöller, Dirk Metzger, Lisa Berkemeier, and Oliver Thomas</i>	667
Entwicklung eines Leitlinienmanagementsystems –Anforderungen und konzeptuelle Vorarbeiten <i>Peggy Richter, Markus Frank und Hannes Schlieter</i>	679
Akzeptanz von Smartwatches bei mobilen Erstrettern <i>Oliver Sticht, Christoph Buck, Andreas Völkl, Torsten Eymann und Ralf Stroop</i>	691
Kann man digitale Innovationen zerreden? Eine Diskursanalyse zur elektronischen Gesundheitskarte in Deutschland <i>Lauri Wessel, Erik Harloff und Martin Gersch</i>	703
<b>Teilkonferenz Einsatz von Unternehmenssoftware in der Lehre</b>	<b>715</b>
Teaching Big Data Analytics to IS Students: Development of a Learning Framework <i>Galina Baader, Marlene Knigge, Sonja Hecht, and Helmut Krcmar</i>	717
Teaching In-Memory Computing and Big Data Related Skills at University <i>Viktor Dmitriyev, Benjamin Wagner vom Berg, Daniel Stamer, Alexander Sandau, Nils Giesen, Jens Siewert, and Jorge Marx Gómez</i>	729
Neue Technologien als integraler Bestandteil eines Business Intelligence Curriculums am Beispiel von SAP BW on HANA <i>Tobias Hagen und Klaus Freyburger</i>	741
Schülerakademie Serious Gaming mit ERPsim zur Förderung der Studierfähigkeit <i>Robert Heining, Matthias Utesch und Helmut Krcmar</i>	751
ERP-Systeme in der Hochschullehre – Erfahrungen mit einem Planspiel basierend auf SAP ERP <i>Christian Leyh</i>	763
Praxisnahes Lehrkonzept zum Aufbau von zeitwirtschaftlicher Kompetenz mit IT-Systemen von dmc-ortim und SAP <i>Fabian Nöhring, Matthias Krebs, Frank Pöschel und Jochen Deuse</i>	775
Kontinuierliche Verbesserung von ERP-Lehrveranstaltungen <i>Lutz Schmidt, Sebastian Büsch und Volker Nissen</i>	787

<b>Teilkonferenz Energieinformatik, Erneuerbare Energien und Neue Mobilität</b>	<b>799</b>
Towards the Design of Eco-Driving Feedback Information Systems – A Literature Review <i>André Dahlinger and Felix Wortmann</i>	801
Verteiltes Lademanagement für Elektrofahrzeuge im Niederspannungsnetz <i>Philipp Heidel, Johannes Gärttner und Sebastian Gottwalt</i>	813
Digitally Enabled Business Models for Energy Utilities <i>Christoph Klima, Maximilian Becker, David Heim, and Axel Winkelmann</i>	825
<b>Teilkonferenz Hedonische Informationssysteme</b>	<b>837</b>
Dispositional IT Choice – A Multi-Group Analysis of Hedonic System Adoption on the Basis of Personality Traits <i>Friedrich Born, Julia Krönung, and William Marty</i>	839
Freemium for Hedonic Information Systems: What Can We Learn from Games? <i>Nicolai Hanner</i>	851
Exploration und Interpretation der Nutzenfaktoren interaktiver Videos in der Nutzenmessung – Eine Fallstudie <i>Michael Langbauer</i>	863
<b>Teilkonferenz IKT-gestütztes betriebliches Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement</b>	<b>875</b>
Integration von Open Innovation in die Entwicklung nachhaltiger IKT <i>Jad Asswad, Georg Hake und Jorge Marx Gómez</i>	877
Green Knowledge Management – Eine grüne Form des Wissensmanagements <i>Mareike Dornhöfer und Madjid Fathi</i>	889
Carbon Footprint Apps – eine Analyse der Nutzungsintention <i>Burkhardt Funk, Arno Sagawe und Peter Niemeyer</i>	901
Konzept für eine Anwendung zur Abwicklung von Material Compliance-Anforderungen auf Basis digitaler Objektgedächtnisse (Extended Abstract) <i>Patrick Lübbecke, Peter Fettke, Peter Loos, Christian Berres und Josef Burgard</i>	913
Nachhaltiges Innovationsmanagement in KMU: Eine empirische Untersuchung zu Living Labs as a Service <i>Johanna Meurer, Corinna Ogonowski, Gunnar Stevens, und Volker Wulf</i>	917
Mobility 2020 – IKT-gestützte Transformation von Autohäusern zum regionalen Anbieter nachhaltiger Mobilität <i>Benjamin Wagner vom Berg, Meike Cordts, Thomas Gaebelein, Jorge Marx Gómez, Alexander Sandau, Daniel Stamer und Karsten Uphoff</i>	929
<b>Teilkonferenz Informationssysteme in der Finanzwirtschaft</b>	<b>941</b>
Big Data – Anwendungsbereiche und Strategie Framework im Bankwesen <i>Sascha Hoberecht und Rainer Alt</i>	943
Mobile First auch in Beratungsprozessen des Private Banking? Entwicklung und Validierung einer iPad-Applikation <i>Christian Ruf, Andrea Back und Marc Burkhardt</i>	955
Auswirkungen der Digitalisierung auf die Geschäftsmodelle der Finanzindustrie – Eine strukturierte Literaturanalyse auf der Grundlage des Business Model Canvas <i>Julian Schmidt und Paul Drews</i>	967

<b>Teilkonferenz IT- und Software-Produktmanagement in Internet-of-Things-basierten Infrastrukturen</b>	<b>979</b>
SIMMI 4.0 – Vorschlag eines Reifegradmodells zur Klassifikation der unternehmensweiten Anwendungssystemlandschaft mit Fokus Industrie 4.0 <i>Christian Leyh, Thomas Schäffer und Sven Forstenhäusler</i>	981
Entwicklung und Evaluation eines Reifegradmodells für das Cloud-Produktmanagement <i>Norman Pelzl, Andreas Helferich und Georg Herzwurm</i>	993
<b>Teilkonferenz IT-Beratung im Kontext digitaler Transformation</b>	<b>1005</b>
Digitale Transformation und IT-Zukunftsthemen im Spiegel des Arbeitsmarkts für IT-Berater – Ergebnisse einer explorativen Stellenanzeigenanalyse <i>Frank Bensberg und Gandalf Buscher</i>	1007
IT Consultants as Change Agents in Digital Transformation Initiatives <i>Nicolai Krüger and Frank Teuteberg</i>	1019
Virtualisierung von Beratungsleistungen: Stand der Forschung zur digitalen Transformation in der Unternehmensberatung und weiterer Forschungsbedarf <i>Henry Seifert und Volker Nissen</i>	1031
<b>Teilkonferenz IT-Sicherheit für Kritische Infrastrukturen</b>	<b>1041</b>
Suche nach IT-Sicherheitsinformationen – Ein Referenzmodell <i>Sebastian Dännart, Alexander Laux, Ulrike Lechner und Martin Riedl</i>	1043
Ein Rahmenwerk zur Erfassung von IT-Sicherheit als Service-System <i>Max Jalowski und Albrecht Fritzsche</i>	1055
Securing Smart Service Connectivity for Industrial Equipment Maintenance – A Case Study <i>Christian Lesjak and Eugen Brenner</i>	1067
Assessing Identity and Access Management Maturity in Germany's Financial Sector (Extended Abstract) <i>Andre Schrimpf, Andreas Drechsler, and Konstantinos Dagianis</i>	1079
Developing a Model to Analyze the Influence of Personal Values on IT Security Behavior <i>Beatrix Semba and Torsten Eymann</i>	1083
Modellgestützte Risikoanalyse der Sicherheit Kritischer Infrastrukturen für kleine und mittlere Unternehmen: Eine Übersicht <i>Clemens Teichmann, Stephan Renatus und Alexander Nieding</i>	1093
<b>Teilkonferenz Modellierung betrieblicher Informationssysteme – Konzeptuelle Modelle im Zeitalter der digitalisierten Wirtschaft (d!conomy)</b>	<b>1105</b>
Linking Service- and Capability-Driven Design – Towards a Framework for Designing Digital Businesses <i>Rieke Bärenfänger, Jens Leveling, and Boris Otto</i>	1107
Semantics in the Context of BPMN Extensions – State of Affairs and Research Challenges <i>Richard Braun and Werner Esswein</i>	1119
Modellierungssprachenunabhängige IT-basierte Geschäftsprozessanalyse <i>Andreas Drescher</i>	1131

Automatic Pattern Mining in Repositories of Graph-based Process Models <i>Philip Hake, Peter Fettke, and Peter Loos</i>	1143
mimesis: Ein datenzentrierter Ansatz zur Modellierung von Varianten für Interview-Anwendungen <i>Michael Hitz</i>	1155
Towards an EPC Standardization – A Literature Review on Exchange Formats for EPC Models <i>Dennis M. Riehle, Sven Jannaber, Arne Karhof, Patrick Delfmann, Oliver Thomas, and Jörg Becker</i>	1167
A System Architecture for Integrating User Activities in Social Networks with Customer Relationship Management <i>Marcel Rosenberger, Christiane Lehrer, and Reinhard Jung</i>	1179
<b>Teilkonferenz Prescriptive Analytics in IS</b>	<b>1191</b>
Robust Debiasing of Judgmental Forecasts with Structural Changes <i>Sebastian M. Blanc and Philipp Ruchser</i>	1193
Do Causal Forecasting Models of Exchange Rates have to be Non-Linear on Medium-Term? <i>Julian Bruns, Sebastian M. Blanc, and Jochen Martin</i>	1205
Relating Cash Flow Forecast Errors to Revision Patterns <i>Florian Knöll, Verena Dorner, and Thomas Setzer</i>	1217
“Needs from Tweets”: Towards Deriving Customer Needs From Micro Blog Data (Extended Abstract) <i>Niklas Kuehl, Jan Scheurenbrand, and Gerhard Satzger</i>	1229
On the Assumptions of True Lift Models for Churn Prevention <i>Frank Oechsle, Thomas Setzer, and Sebastian M. Blanc</i>	1233
Using Hidden Markov Models for Descriptive and Predictive Analysis of Purchasing Histories <i>Katerina Shapoval, Matthias Reisser, and Johannes Baldinger</i>	1245

